COSMOS.

COSMOS

Ó ENSAYO DE UNA

DESCRIPCION FÍSICA DEL MUNDO

POR

ALEJANDRO DE HUMBOLDT.

Traducida al francés

POR H. FAYE,

Astrónomo del Observatorio real de Paris;

y al español

Por D. Francisco Xeréz y Varona.

"Naturæ vero rerum vis atque majestas in omnibus momentis fide caret, si quis modo partes ejus ac non totam complectatur animo."
PLINIO, H. N. lib, VII, c. I.

(Esta obra la tienen incompleta). J. O. y V.

PRIMERA PARTE.

MADRID:
IMPRENTA DE D. JOSE TRUJILLO, HIJO,
calle de María Cristina, número 8.
1852.

EL TRADUCTOR ESPAÑOL.

Dice M. F. Hoefer, en el prefacio de la version francesa que hizo de los Cuadros de la Naturaleza, que «la historia no nos muestra mas que dos hombres cuyo genio enciclopédico abrace todos los conocimientos humanos: Aristóteles y Humboldt. Uno y otro son filósofos en el sentido que daban los griegos á esta palabra: curiosos de levantar una punta del velo que nos oculta tan grandes misterios, han aplicado su vasta inteligencia á todas las obras de la creacion. Humboldt, que deberia llamarse el Aristóteles moderno, es superior á su antepasado por la esperiencia de veinte y un siglos. Iniciado en todas las ciencias, las ha enriquecido con observaciones y descubrimientos que bastarian á la gloria de muchos sábios. Viagero en los dos hemisferios desde los 60 grados de latitud norte hasta los 12 grados de latitud sud, ha revelado las mas grandes leyes de la física general, y ensanchado los dominios de la geografía y de la historia natural. Hace medio siglo que

visitó la América tropical, y á la edad de sesenta años recorrió las estepas inexploradas del interior del Asia. Casi octogenario, empezó la publicacion del Cosmos, trabajo monumental que solo él habia recibido la mision de emprender.»

Creemos que esta referencia nos dispensa de un prólogo y justifica nuestro deseo de difundir tan escelente libro en idioma castellano.

ADVERTENCIA DEL TRADUCTOR FRANCES.

Las unidades de medida adoptadas en esta obra, son las unidades legales de Francia. Las indicaciones termométricas se refieren á la escala centígrada. Las longitudes están contadas á partir del meridiano de Paris. Las distancias itinerarías y todas las grandes medidas lineales han sido dadas por el autor, en millas geográficas de 15 al grado ecuatorial; y las he convertido en miriametros á razon de 7,420 metros por milla geográfica.

Este primer volúmen forma un cuerpo de obra completo. Otros dos deben seguirle pronto; en Alemania y en Francia; uno de ellos estará consagrado á desenvolver las altas consideraciones de historia y de filosofía que se adhieren á la idea principal de la esposicion que contiene el primero.

Es de sentir que el mismo M. de Humboldt no haya dado la traduccion del Cosmos: trabajos cuya importancia es conocida del mundo sábio, lo han decidido á confiarme este cuidado. Sin embargo, para

no permanecer estraño á la edicion francesa, ha traducido M. de Humboldt los prolegómenos, ó mas bien ha escrito en francés una nueva introduccion: esta es una prenda mas de la simpatía que une hace mucho tiempo nuestro pais al ilustre viagero, y que le ha hecho dar á la Francia sus mas importantes obras.

Otra parte, relativa á la gran cuestion de las razas humanas, ha sido traducida por M. Guigniaut, miembro del Instituto. Esta cuestion era estraña á mis estudios habituales; por otra parte, está tratada en la obra alemana, con tal superioridad de miras y de estilo, que M. de Humboldt debió buscar, entre sus amigos, al hombre mas capaz de dar el equivalente á los lectores franceses. M. de Humboldt se dirigió naturalmente á M. Guigniaut, y este sábio ha tenido á bien encargarse de traducir las diez últimas páginas del testo, así como las notas correspondientes.

El resto me pertenece. Felízmente puedo ofrecer al lector una garantía de la exactitud de mi traduccion bajo el punto de vista científico, declarando que M. Arago ha tenido la bondad de ver y corregir todas mis pruebas. Permítaseme ofrecerle aquí el homenage de mi profundo reconocimiento. En el instante en que este libro va á someterse al público, conozco mas vivamente el valor de semejante auxilio. Los lazos de una antigua amistad daban á M. de Humboldt el derecho de reclamar este apoyo para su traductor; pero creo poder atribuir una parte á la

benevolencia generosa con que M. Arago rodea y sostiene á todos los que, como yo, tienen la suerte de recibir su direccion científica.

Me anticiparé, antes de terminar, á una acusacion á que me he espuesto. En la época en que el Cosmos apareció en Alemania (abril de 1845), fué considerado como la espresion fiel del estado de las ciencias físicas; pero me he visto forzado, por mis deberes, por mis trabajos personales, y por las dificultades inherentes á la traduccion de una obra que abraza tantos asuntos diversos, á retardar en Francia, cerca de un año, la publicacion de la obra de M. de Humboldt; esto era arriesgarse á hacerle perder algo de su mérito de actualidad. Se sabe que durante este corto tiempo se ha hecho un brillante descubrimiento en astronomía; nuestro sistema planetario se ha enriquecido con un nuevo astro por M. Hencke, de Driessen. En lugar de 11 planetas, es menester en adelante contar 12. Pero las apreciaciones de M. de Humboldt no han recibido ningun golpe por esto; al contrario, este descubrimiento les trae una fuerza nueva, una comprobacion mas. Y hasta aquel epiteto, repetido por M. de Humboldt con una predileccion visible, ha corrido riesgo de perder su exactitud de un año para otro; quiero hablar de «esas órbitas *tan estrechamente enlazadas* de los pequeños planetas.» Lo que es tan cierto para las órbitas de Céres, de Palas, de Juno y de Vesta, no lo es menos ni se hace menos notable cuando se le añade la de Astrea.

PREFACIO DEL AUTOR.

Al declinar mi vida ofrezco á mis compatriotas una obra cuyos primeros apuntes empezaron á ocuparme hace medio siglo. Muchas veces la abandoné dudando poder realizar una empresa demasiado temeraria; pero, tal vez con imprudencia, he insistido en mi primer designio. Presento el *Cosmos*, que es una *descripcion física del mundo*, con la timidez que me inspira la justa desconfianza de mis fuerzas; y he procurado olvidar que las obras esperadas mucho tiempo son generalmente las que acoge el público con menos indulgencia.

Las vicisitudes de mi vida y un ardiente deseo de instruirme en varias materias, fueron estímulos para ocuparme, en apariencia casi esclusivamente y durante muchos años, de ciencias especiales, de botánica, de geológia, de química, de posiciones astronómicas y de magnetismo terrestre. Estos estudios, que eran preparatorios para hacer con utilidad viages lejanos, tenian sin embargo un fin mas elevado. Deseaba percibir el mundo de los fenómenos y de las fuerzas físicas en su conexidad y su influencia mútuas. Escuchando desde mi tierna edad los consejos de hombres distinguidos, y contando con su benevolencia, me habia penetrado íntimamente desde muy temprano, de que, sin el

deseo de adquirir una instruccion sólida en las partes principales de las ciencias naturales, toda contemplacion de la naturaleza en grande, todo ensayo dirigido á comprender las leyes que componen la física del mundo, no seria mas que una vana y quimérica empresa.

Los conocimientos especiales por el encadenamiento mismo de las cosas, se asimilan y se fecundan mútuamente. Cuando la botánica descriptiva no queda circunscrita en los estrechos límites del estudio de las formas y de su reunion en géneros y en especies, conduce al observador que recorre, bajo diferentes climas, vastas estensiones continentales, montañas y llanuras, á las nociones fundamentales de la *geografía de las plantas*, á demostrar la distribucion de los vegetales segun la distancia al ecuador y la elevacion sobre el nivel de los mares. Luego para comprender las causas complicadas de las leyes que arreglan esta distribucion, es menester profundizar las variaciones de temperatura del suelo radiante y del océano aéreo que envuelve al globo. Así es como el naturalista, ávido de instruccion, es conducido de una esfera de fenómenos á otra esfera que limita sus efectos. La geografía de las plantas, cuyo nombre era casi desconocido hace medio siglo, ofreceria una nomenclatura árida y desprovista de interés, si no se esclareciese con los estudios meteorológicos.

En espediciones científicas pocos viageros han tenido en el mismo grado que yo, la ventaja de no haber visto solamente costas, como sucede en los viages alrededor del mundo, sino haber recorrido el interior de dos grandes continentes en estensiones muy considerables, y donde presentan los mas palpables contrastes, á saber, el paisage tropical y alpino de Méjico ó de la América del Sud, y el paisage de las estepas del Asia boreal. Empresas de esta

naturaleza debian, por la tendencia de mi espíritu á ensayos de generalizacion, vivificar mi ánimo y escitarme á comparar en una obra separada los fenómenos terrestres con los que abrazan los espacios celestes. La *descripcion física de la tierra*, hasta aqui muy mal limitada como ciencia, llegó á ser segun este plan que se estendia á todas las cosas creadas, una *descripcion física del mundo*.

La composicion de semejante obra, si aspira á reunir al mérito del fondo científico el de la forma literaria, presenta grandes dificultades. Se trata de llevar el órden y la luz á la inmensa riqueza de los materiales que se ofrecen al pensamiento, sin quitar á los cuadros de la naturaleza el soplo que los vivifica; porque limitándose á dar resultados generales se arriesgaria que fuesen tan áridos, tan monótonos como lo serian por la esposicion de una multitud escesiva de hechos particulares. No me lisonjeo de haber satisfecho condiciones tan difíciles de llenar, y haber evitado escollos de que no hago mas que señalar la existencia.

La esperanza que tengo de merecer la indulgencia del público, descansa en el interés que ha manifestado hace tantos años á una obra publicada poco tiempo despues de mi vuelta de Méjico y de los Estados-Unidos, con el título de *Cuadros de la naturaleza*. Este pequeño libro, escrito originariamente en aleman y traducido al francés, con un conocimiento singular de los dos idiomas, por mi antíguo amigo M. Eyries, trata de algunas partes de la geografía física, tales como la fisonomía de los vegetales, sabanas, desiertos y el aspecto de las cataratas, bajo puntos de vista generales. Si ha sido de alguna utilidad se debe menos á lo que ha podido prestar de su propio fondo que á la accion que ha ejercido sobre el espíritu y la imaginacion de una

juventud ansiosa de saber y pronta á lanzarse á empresas lejanas. He procurado hacer ver en el *Cosmos*, como en los *Cuadros de la naturaleza*, que la descripcion exacta y precisa de los fenómenos no es absolutamente inconciliable con la pintura animada y viva de las imponentes escenas de la creacion.

Esponer en cursos públicos las ideas que se creen nuevas me ha parecido siempre el mejor medio de dar razon del grado de claridad que es posible esparcir sobre estas ideas: tambien he intentado este medio en dos lenguas diferentes, en Paris y en Berlin; pero me son desconocidos los cuadernos que se redactaron en aquella ocasion por el auditorio inteligente: he preferido no consultarlos. La redaccion de un libro impone obligaciones muy diferentes de las que lleva consigo la esposicion oral en un curso público. A escepcion de algunos fragmentos de la introduccion del *Cosmos*, todo se ha escrito en los años de 1843 y 1844. El curso hecho en presencia de dos auditorios de Berlin en sesenta lecciones, fué anterior á mi espedicion al norte del Asia.

El primer volúmen de esta obra comprende la parte mas importante á mi ver de toda mi empresa, un cuadro de la naturaleza que presenta el conjunto de los fenómenos del universo desde las nebulosas planetarias hasta la geografía de las plantas y de los animales, terminando por las razas de hombres. Este cuadro está precedido de consideraciones sobre los diferentes grados de goces que ofrecen el estudio de la naturaleza y el conocimiento de sus leyes. Los límites de la ciencia del Cosmos y el método con que procuro esponerla están igualmente discutidos. Todo lo que pertenece á observaciones de hechos particulares y á los recuer-

dos de la antigüedad clásica, eterno manantial de instruccion y de vida, está concentrado en las notas colocadas al fin de cada volúmen (1).

Frecuentemente se ha hecho la observacion, poco consoladora en apariencia, de que todo lo que no tiene sus raices en las profundidades del pensamiento, del sentimiento y de la imaginacion creadora, que cuanto depende del progreso de la esperiencia, de las revoluciones que hacen esperimentar á las teorías físicas la perfeccion creciente de los instrumentos, y la esfera de la observacion ensanchada contínuamente, no tarda en envejecer. Las obras de ciencias naturales llevan en sí mismas un germen de destruccion, tal, que en menos de una cuarta parte de siglo, por la marcha de los descubrimientos, están condenadas al olvido, ilegibles para cualquiera que está á la altura de lo presente. Estoy lejos de negar la exactitud de estas reflexiones; pero me parece que los que se han penetrado, por un largo é íntimo comercio con la naturaleza, del conocimiento de su grandeza; que, en este saludable comercio han fortificado á la vez su carácter y su espíritu, no sentirán verla mas y mas conocida y que se estienda incesantemente el horizonte de las ideas como el de los hechos. Hay mas: en el estado actual de nuestros conocimientos, están sentadas, sobre fundamentos sólidos, partes muy importantes de la física del mundo. Un ensayo que tuviese por objeto reunir lo que, en una época dada, ha sido descubierto en los espacios celestes, en la superficie del globo, y en la débil distancia en que nos es permitido leer en sus profundidades, pudiera, si no me engaño, cualquiera que sean los progresos futuros de la cien-

(1) El traductor español ha omitido estas notas por considerarlas innecesarias á la generalidad de los lectores; las hay en diferentes idiomas, y son tantas que ocupan 421 páginas en los tres tomos franceses.

cia, ofrecer algun interés, si consigue delinear con animacion una parte al menos de lo que el talento del hombre percibe de general, de constante, de eterno, entre las aparentes fluctuaciones de los fenómenos del universo.

Potsdam, noviembre de 1844.

CONSIDERACIONES

sobre los diferentes grados de goces que ofrecen el aspecto de la naturaleza y el estudio de sus leyes.

Cuando intento, despues de una larga ausencia de mi patria, desenvolver el conjunto de los fenómenos físicos del globo y la accion simultánea de las fuerzas que animan los espacios celestes, me asaltan dos recelos distintos. Por una parte, es tan vasta y tan variada la materia de que trato, que temo abordarla de un modo enciclopédico y superficial; y por otra, debo evitar la fatiga del espíritu con aforismos que no ofrecerian mas que generalidades bajo formas áridas y dogmáticas. Frecuentemente nace la aridéz de la concision, mientras que una multiplicidad demasiado grande de objetos que se quieren abrazar á la vez, ocasiona falta de claridad y de precision en el encadenamiento de las ideas. La naturaleza es el reino de la libertad, y para pintar al vivo las concepciones y los goces que trae su conocimiento profundo, seria necesario que el pensamiento pudiera revestirse libremente tambien de las formas y elevacion del lenguage dignas de la grandeza y de la majestad de la creacion.

Si el estudio de los fenómenos físicos en sus relaciones con las necesidades materiales de la vida, no se considera mas que en su influencia general sobre los progresos intelectuales de la humanidad, se halla, como resultado mas

elevado y mas importante de esta investigacion, el conocimiento de la conexion de las fuerzas de la naturaleza, el convencimiento íntimo de su dependencia mútua. La intuicion de estas relaciones es la que ensancha las miras y ennoblece nuestros goces. Este engrandecimiento de las miras es obra de la observacion, de la meditacion y del espíritu del tiempo en que se concentran todas las direcciones del pensamiento. La historia revela á cualquiera que sabe penetrar al través de las capas de los siglos anteriores, en las raices profundas de nuestros conocimientos, como, despues de millares de años, ha trabajado el género humano para percibir, en mutaciones sin cesar renacientes, la invariabilidad de las leyes de la naturaleza, y en conquistar progresivamente una gran parte del mundo físico por la fuerza de la inteligencia. Interrogar los anales de la historia es proseguir esta traza misteriosa sobre la cual la misma imágen del Cosmos, que se reveló primitivamente al sentido interior como un vago presentimiento de la armonía y del órden en el universo se ofrece hoy á la imaginacion como el fruto de largas y sérias observaciones.

A las dos épocas de la contemplacion del mundo esterior, al despertar la reflexion y á la época de una civilizacion adelantada, corresponden dos géneros de goces. El uno, propio de la sencillez primitiva de las viejas edades, nace de la adivinacion del orden que anuncia la sucesion pacífica de los cuerpos celestes y el desarrollo progresivo de la organizacion. Otro goce resulta del conocimiento preciso de los fenómenos. Desde que el hombre, interrogando á la naturaleza, no se contentó con observar, sino que hizo nacer fenómenos bajo condiciones determinadas; desde que recogió y registró los hechos para estender la investigacion mas allá de la corta duracion de su existencia, la *filosofía de*

la naturaleza se despojó de las formas vagas y poéticas que le habian pertenecido desde su orígen; adoptó un carácter mas severo, pesó el valor de las observaciones, no adivinó, no combinó y raciocinó. Entonces los cálculos dogmáticos de los siglos anteriores no se conservaron ya sino en las preocupaciones del pueblo y de las clases que se le asemejan por su falta de luces; y se perpetuan, sobre todo, en algunas doctrinas que, para ocultar su debilidad, quieren cubrirse con un velo místico. Las lenguas sobrecargadas de espresiones figuradas siguen por mucho tiempo las huellas de estas primeras intuiciones. Un pequeño número de símbolos, producto de una feliz inspiracion de los tiempos primitivos, toma poco á poco formas menos vagas; y mejor interpretados, se conservan aun en el lenguage científico.

La naturaleza considerada racionalmente, es decir, sometida en su conjunto al trabajo del pensamiento, es la unidad en la diversidad de los fenómenos, la armonía entre las cosas creadas desemejantes por su forma, por su constitucion propia y por las fuerzas que las animan; es el *todo* animado de un soplo de vida. El resultado mas importante de un estudio racional de la naturaleza es comprender la unidad y la armonía en este inmenso conjunto de cosas y de fuerzas, abrazar con un mismo ardor lo que se debe á los descubrimientos de los siglos trascurridos y á los del tiempo en que vivimos, analizar el pormenor de los fenómenos sin sucumbir bajo su masa. En esta via es dado al hombre, mostrándose digno de su alto destino, comprender la naturaleza, descorrer el velo de algunos de sus secretos, subordinar á los esfuerzos del pensamiento, á las conquistas de la inteligencia, lo que se ha recojido por la observacion.

Reflexionando primero sobre los diferentes grados de

goces que produce la contemplacion de la naturaleza, hallamos que debe ocupar el primer grado una impresion enteramente independiente del conocimiento íntimo de los fenómenos físicos, independiente tambien del carácter individual del paisage, de la fisonomía de la region que nos rodea. Por todas partes donde en una llanura monótona y formando horizonte, cubren el suelo plantas de una misma especie (brezo, cistos ó gramineas), por todas partes donde las olas del mar bañan la orilla y hacen conocer sus huellas por estrias verdes de ulva y de ova flotante, se apodera de nuestra alma el sentimiento de la naturaleza, grande y libre, y nos revela, como por una misteriosa inspiracion, la existencia de leyes que arreglan las fuerzas del universo. El simple contacto del hombre con la naturaleza, esta influencia *du grand air* (ó como dicen otras lenguas usando de una espresion mas bella, del *aire libre*) ejercen un poder calmante: suavizan el dolor y aplacan las pasiones cuando el alma está agitada en sus profundidades. Estos beneficios los recibe el hombre en todas partes sea cualquiera la zona que habite y el grado de cultura intelectual á que se haya elevado. Lo que tienen de grave y de solemne las impresiones que aquí señalamos, lo reciben del presentimiento del órden y con las leyes, que nace, sin que lo sepamos, del simple contacto con la naturaleza; lo tienen del contraste que ofrecen los estrechos límites de nuestro ser con esta imágen de lo infinito que se descubre por todas partes, en la bóveda estrellada del cielo, en una llanura cuya estension se pierde de vista y en el horizonte brumoso del océano.

Otro goce produce el carácter individual del paisage, la configuracion de la superficie del globo en una region determinada. Impresiones de este género son mas vivas; me-

jor definidas, mas conformes á ciertas situaciones del alma. Ya es el grandor de las masas, la lucha de los elementos desencadenados ó la triste desnudez de las estepas, como en el norte del Asia, lo que escita nuestras emociones; ya, bajo la inspiracion de sentimientos mas dulces, es el aspecto de los campos que llevan ricas cosechas, la habitacion del hombre al borde del torrente, y la salvage fecundidad del suelo vencida por el arado. Aquí insistimos menos sobre los grados de fuerza que distinguen las emociones que sobre las diferencias de sensaciones que escita el carácter del paisage y á las cuales dá este carácter encanto y duracion.

Si me fuera permitido entregarme á los recuerdos de viages lejanos, señalaria entre los goces que presentan las grandes escenas de la naturaleza, la calma y la magestad de esas noches tropicales, cuando las estrellas, desprovistas de centelleo derraman una suave luz planetaria sobre la superficie blandamente agitada del océano; recordaria los profundos valles de las cordilleras, donde los elevados troncos de las palmeras, agitando sus flechas amazorcadas, rompen las bóvedas vegetales, y forman en largas columnatas «una selva sobre la selva» ; describiria la cima del pico de Tenerife, cuando una capa horizontal de nubes, cuya blancura deslumbra, separa el cono de las cenizas de la llanura inferior, y que de pronto, por efecto de una corriente ascendente, del borde mismo del cráter, puede penetrar la vista en las viñas de la Orotava, en los jardines de naranjos y en los espesos grupos de plátanos del litoral. En estas escenas, lo repito, no es ya el encanto apacible uniformemente esparcido en la naturaleza quien nos conmueve, es la fisonomía del suelo, su configuracion propia, la mezcla incierta del contorno de las nubes, la forma de

las islas vecinas, el horizonte del mar dilatado como un espejo ó envuelto en vapor matinal. Todo lo que apenas perciben los sentidos, lo que los sitios románticos presentan de mas admirable, puede ser un manantial de goces para el hombre; su imaginacion halla en qué ejercitar libremente un poder creador. En lo vago de las sensaciones las impresiones cambian con los movimientos del alma, y por una grata y fácil decepcion, creemos recibir del mundo esterior lo que idealmente hemos depositado en él sin saberlo. . .

Cuando despues de una larga navegacion, alejados de la patria, desembarcamos por primera vez en una tierra de los trópicos, somos agradablemente sorprendidos al reconocer en las rocas que nos rodean esas mismas esquitas inclinadas, esos mismos basaltos en columnas, cubiertas de amygdaloides celulares que acabamos de dejar en el suelo europeo, y cuya identidad, en zonas tan diversas, nos recuerda que la corteza de la tierra, solidificándose, ha quedado independiente de la influencia de los climas. Pero estas masas de rocas de esquita y de basalto se hallan cubiertas de vegetales de un porte que nos sorprenden y de una fisonomía desconocida. Allí es donde rodeados de formas colosales y de la magestad de una flora exótica, esperimentamos cómo, por la maravillosa flexibilidad de nuestra naturaleza, se abre el alma fácilmente á las impresiones que ofrecen entre ellas un lazo y una analogía secreta. Nos representamos tan estrechamente unido todo lo que pertenece á la vida orgánica que, si antes parecia que una vegetacion semejante á la del pais natal deberia encantar nuestros ojos con preferencia, como hace á nuestro oido en su dulce familiaridad el idioma de la patria, nos sentimos sin embargo naturalizados poco á poco en estos climas nuevos. Ciudadano del mundo, el

hombre en todo lugar acaba por familiarizarse con lo que le rodea. A algunas plantas de las regiones lejanas, aplica el colono nombres que importa de la madre patria, como un recuerdo del que sentiria la pérdida. Por las misteriosas relaciones que existen entre los diferentes tipos de la organizacion, las formas vegetales exóticas se presentan á su imaginacion como embellecidas por la imágen de aquellas que rodearon su cuna. Así es como la afinidad de las sensaciones conduce al mismo fin que alcanza mas tarde la comparacion trabajosa de los hechos, á la persuacion íntima de que un solo é indestructible nudo encadena á la naturaleza entera.

La tentativa de descomponer en sus diversos elementos la mágia del mundo físico, es demasiado temeraria; por que el gran carácter de un paisage y de toda escena imponente de la naturaleza, depende de la simultaneidad de las ideas y de los sentimientos que se hallan escitados en el observador. El poder de la naturaleza se revela, por decirlo así, en la conexion de las impresiones, en esta unidad de emociones y de efectos que en cierto modo se producen de un solo golpe. Si se quieren indicar sus fuentes parciales, es menester descender por el análisis á la individualidad de las formas y á la diversidad de las fuerzas. Los elementos mas variados y los mas ricos de este género de análisis se ofrecen á los ojos del viajero en el paisage del Asia austral, en el gran archipiélago de la India, y sobre todo en el Nuevo continente, donde las cimas de las altas cordilleras forman los bajos del océano aéreo, y donde las mismas fuerzas subterráneas que en otros tiempos han levantado cadenas de montañas, las conmueven aun en nuestros dias y amenazan tragárselas.

Los cuadros de la naturaleza, trazados con un fin mo-

tivado, no se han hecho únicamente para recrear la imaginacion; pueden tambien, cuando se les compara unos con otros, señalar esa graduacion de impresiones que acabamos de indicar, desde la uniformidad del litoral ó de las estepas desnudas de la Siberia hasta la inagotable fecundidad de la zona tórrida. Si en nuestra imaginacion colocamos el Mont-Pilate sobre el Schrekhorn ó la Schneeckoppe de Silesia sobre el Mont-Blanc, no habremos aun llegado á uno de los grandes colosos de los Andes, el Chimborazo, que tiene dos veces la altura del Etna; si se coloca la Righi ó el monte Athos sobre el Chimborazo, se forma la imágen de la mas alta cima del Himalaya, del Dhawalagiri. Aunque las montañas de la India, por su sorprendente elevacion, sobrepujan con mucho (este resultado, que hacia mucho tiempo se disputaba, lo justifican infinitas medidas hechas con precision) á las cordilleras de la América meridional no pueden, á causa de su posicion geográfica, ofrecer la inagotable variedad de fenómenos que caracteriza á estas. La impresion de los grandes aspectos de la naturaleza no depende solo de la altura. La cadena del Himalaya está situada mucho mas acá de la zona tórrida. Apenas se estravia una palmera en los hermosos valles del Kumaoun y del Garhwal. Por los 28 y 34 grados de latitud, sobre la pendiente meridional del antiguo Paropamisus, no desplega ya la naturaleza la abundancia de helechos en árboles y de gramineas arborescentes, de heliconia y de orchideas, que, en la region tropical, montan hácia las llanuras mas elevadas. A la espalda del Himalaya, á la sombra del pino de odvara y de las encinas de hoja ancha propias de estos alpes de la India, la roca granítica y el micaschisto se cubren de formas casi semejantes á las que caracterizan á la Europa y al Asia boreal. Las especies no son idénticas, sino análogas en porte y en fisonomía: son

enebros, abedules alpestres, gencianas, el parnasia de los pantanos y el ribes espinoso. Falta tambien á la cadena del Himalaya el imponente fenómeno de los volcanes, que, en los Andes y en el archipiélago Indio, revelan frecuentemente á los indigenas, de una manera formidable, la existencia de las fuerzas que residen en el interior de nuestro planeta. La region de las nieves perpétuas, en la pendiente meridional del Himalaya, donde montan las corrientes de aire húmedo, y con estas corrientes la vigorosa vegetacion del Indostan, empieza por 3,600 y 3,900 metros de altura sobre el nivel del océano; y fija, por consecuencia, al desarrollo de la organizacion, un límite que, en la region equinoccial de las cordilleras, se halla á 850 metros mas alto.

Los paises que confinan con el ecuador tienen otra ventaja sobre la cual no se ha llamado suficientemente la atencion hasta ahora; y es la parte de la superficie de nuestro planeta donde, en la menor estension, la variedad de impresiones que la naturaleza hace producir, es la mas grande posible. En las colosales montañas de Cundinamarca, de Quito y del Perú, surcadas de profundos valles, es dado al hombre contemplar á la vez todas las familias de las plantas y todos los astros del firmamento. Allí un mismo golpe de vista abraza las magestuosas palmeras, las selvas húmedas de bambusas, la familia de los musaceos, y por cima de estas formas del mundo tropical, robles, nisperos, agavanzos y umbeliferas, como en nuestra patria europea. Un mismo golpe de vista alcanza la constelacion de la Cruz del Sud, los Nublados de Magallanes y las estrellas conductoras de la Orsa que circulan al rededor del polo ártico. Allí el seno de la tierra y los dos hemisferios del cielo ostentan toda la riqueza de sus formas y la variedad de sus fenómenos; allí es donde los climas, como las zonas vegetales de

que determinan la sucesion, se hallan sobrepuestos como por grados; allí las leyes del descrecimiento del calor, fáciles de percibir por el observador inteligente, están inscritas con caractéres indélebles sobre los muros de las rocas en la pendiente rápida de las cordilleras.

Para no fatigar con el detalle de fenómenos que hace mucho tiempo he procurado representar gráficamente, no reproduciré aquí mas que algunos de los resultados generales cuyo conjunto compone el *cuadro físico de la zona tórrida*. Lo que, en lo vago de las sensaciones, se confunde como desprovisto de contornos, lo que permanece envuelto en ese vapor brumoso que, en el paisage, oculta á la vista las altas cimas, el pensamiento, escudriñando las causas de los fenómenos, le levanta el velo y lo resuelve en sus diversos elementos, asignando á cada uno de estos elementos de la impresion total, un carácter individual; y resulta que en la esfera de los estudios de la naturaleza, como en la de la poesía y de la pintura de paisage, la descripcion de los sitios y los cuadros que hablan á la imaginacion, tienen tanta mas verdad y vida, cuanto los rasgos son mas detenidos.

Si las regiones de la zona tórrida, por su riqueza orgánica y su abundante fecundidad, causan las emociones mas profundas, ofrecen tambien la ventaja inapreciable de manifestar al hombre, en la uniformidad de las variaciones de la atmósfera y del desarrollo de las fuerzas vitales, y en los contrastes de climas y de vegetacion que nacen de la diferencia de las alturas, la invariabilidad de las leyes que gobiernan los movimientos celestes como reflejándose en los fenómenos terrestres. Permítaseme ocupar algunos instantes en las pruebas de esta regularidad, que aun se puede someter á escalas y á evaluaciones numéricas.

En las ardientes llanuras que se elevan poco sobre el nivel de los mares, reina la familia de los plátanos, de los cycas y de las palmeras, cuyo número de especies inscritas en las floras de las regiones tropicales, ha aumentado maravillosamente en nuestros dias por el celò de los botánicos viageros. A estos grupos suceden, sobre la pendiente de las cordilleras, en altos valles ó en grietas humedas y sombrías, los helechos en árbol y el cinchona que produce la corteza febrífuga. Los gruesos troncos cilíndricos de los helechos, proyectan, sobre el azul subido del cielo, la nueva verdura de un follage finamente dentado. Es tanto mas saludable la corteza del cinchona, cuanto la cima del árbol es bañada y refrescada con mas frecuencia por ligeras nieblas que forman el lecho superior de las nubes que reposan sobre las llanuras. Por todas partes donde acaba la region de los bosques, florecen en anchas bandas plantas que viven en grupos, la pequeña aralia, las thibaudes y las andrómedas de hojas de mirto. La rosa alpina de los Andes, la magnífica befaria, forma un circuito de púrpura al rededor de los picos sobresalientes. Poco á poco, en la region fria de los *Páramos*, espuesta perpetuamente á las tormentas y á los vientos, desaparecen los arbustos ramosos y las yerbas velludas cargadas siempre de grandes corolas de colores variados. Las plantas monocotyledonas de espigas delgadas cubren uniformemente el suelo: esta es la zona de las gramíneas, una sábana que se estiende en inmensas llanuras. Refleja en la pendiente de las cordilleras una luz amarillenta, casi dorada á lo lejos, y sirve de pasto á los llamas y al ganado introducido por los colonos europeos. En aquellos parages donde la roca desnuda de traquito rompe el cesped y se eleva envuelta en capas de aire que se creen menos cargadas de ácido carbónico, solo las plantas de una orga-

nizacion inferior, liquen, lecideas y el polvo colorado del lepraria se desarrollan formando manchas orbiculares. Islotes de nieve esporádica recientemente caida, variables de forma y de estension, detienen los últimos y débiles desarrollos de la vida vegetal. A estos islotes esporádicos suceden las nieves eternas, que tienen una altura constante y fácil de determinar, á causa de la pequeñísima oscilacion que esperimenta su límite inferior. Las fuerzas elásticas que residen en el interior de nuestro globo trabajan, y frecuentemente en vano, en romper estas campanas ó cúpulas redondas que, resplandecientes con la blancura de las nieves eternas, sobrepujan la loma de las cordilleras. Allí donde las fuerzas subterráneas han logrado, ya por cráteres circulares, ya por anchas grietas, abrir comunicaciones permanentes con la atmósfera, producen rara vez corrientes de lavas y con mas frecuencia escorias inflamadas, vapores de agua y de azufre combinado (hydraté) y mofetas de ácido carbónico.

Un espectáculo tan grandioso y tan imponente, no ha podido imprimir á los habitantes de los trópicos, en el primer estado de una civilizacion naciente, mas que un sentimiento vago de admiracion y de espanto. Se hubiera debido suponer tal vez, y ya lo hemos recordado mas arriba, que la vuelta periódica de los mismos fenómenos y el modo uniforme por el cual se agrupan por zonas superpuestas, hubieran facilitado al hombre el conocimiento de las leyes de la naturaleza; pero tan lejos como remontan la tradicion y la historia, no hallamos que se hayan aprovechado estas ventajas en aquellos felices climas. Investigaciones recientes han hecho mui dudoso que el primitivo asiento de la civilizacion de los Hindous, una de las fases mas maravillosas de los progresos de la humanidad, haya estado entre los mismos trópicos. Airyana Vaedjo, la antigua cuna del Zend,

estaba situada al noroeste del Ato-Indus, y despues del gran cisma religioso, es decir, despues que se separaron los Iranianos de los del instituto brahmanico, la lengua antes comun á los Iranianos y á los Hindous, tomó, entre estos últimos (al mismo tiempo que la literatura, las costumbres y el estado de la sociedad), una forma individual en el Magadha ó Madhya Deça, comarca limitada por la gran Cordillera del Himalaya y la pequeña cadena Vindhya. En tiempos mui posteriores, la lengua y la civilizacion sanscritas se adelantaron hácia el sudeste y han penetrado mucho mas adelante en la zona tórrida, como mi hermano Guillermo de Humboldt ha espuesto en su grande obra sobre la lengua kavi y las lenguas que tienen relaciones de estructura con ella.

A pesar de todas las trabas que, bajo las latitudes boreales, la escesiva complicacion de los fenómenos y las perpetuas variaciones locales en los movimientos de la atmósfera y en la distribucion de las formas orgánicas, oponian al descubrimiento de las leyes de la naturaleza, es precisamente á un pequeño número de pueblos habitantes de la zona templada á quien primero se ha revelado un conocimiento íntimo y racional de las fuerzas que obran en el mundo físico. De esta zona boreal mas favorable segun parece á los progresos de la razon, á mejorar las costumbres y las libertades públicas, es de donde se ha importado á la zona tropical el gérmen de la civilizacion, tanto por estos grandes movimientos de las razas que se llaman emigraciones de los pueblos, como por el establecimiento de colonias, mui diferentes, en otro concepto, por sus instituciones, en los tiempos fenicios ó helénicos y en nuestros tiempos modernos.

Recordando la influencia que la sucesion de los fenó-

menos ha podido ejercer sobre la mas ó menos facilidad de reconocer la causa que los produce, he tocado á este punto importante, donde en el contacto con el mundo esterior, al lado del encanto que esparce la simple contemplacion de la naturaleza, se colocan los goces que nacen del conocimiento de las leyes y del encadenamiento mútuo de estos fenómenos. Lo que por mucho tiempo no ha sido mas que el objeto de una vaga inspiracion, ha llegado poco á poco á la evidencia de una verdad positiva. El hombre se ha esforzado en hallar, como ha dicho en nuestra lengua un inmortal poeta, «el polo inmutable en la eterna fluctuacion de las cosas creadas.»

Para remontar al origen de estos goces, que consiste en el ejercicio del pensamiento, basta echar una rápida ojeada sobre los primeros apuntes de la filosofía de la naturaleza ó de la antigua doctrina del Cosmós. En los pueblos mas salvages hallamos (y mis propios viages han confirmado esta asercion) un sentimiento secreto y mezclado de terror de la poderosa unidad de las fuerzas de la naturaleza, de una esencia invisible, espiritual, que se manifiesta en estas fuerzas, ya que desarrollen la flor y el fruto en el árbol nutricio, ya que conmuevan el suelo del bosque ó que atruenen en las nubes. Se revela así un enlace entre el mundo visible y un mundo superior que escapa á los sentidos. El uno y el otro se confunden involuntariamente, y desprovisto del apoyo de la observacion, simple producto de una concepcion ideal, no se desenvuelve menos en el seno del hombre el gérmen de una *filosofía de la naturaleza.*

Entre los pueblos mas atrasados en la civilizacion, la imaginacion se complace en el juego de creaciones estravagantes y fantásticas. La predileccion por el símbolo influ-

ye simultáneamente sobre las ideas y sobre las lenguas. En lugar de examinar se adivina, se dogmatiza, se interpreta lo que jamás se ha observado. El mundo de las ideas y de los sentimientos no refleja en su pureza primitiva al mundo esterior. Lo que en algunas regiones de la tierra no se ha manifestado como rudimento de la filosofía natural sino en un corto número de individuos dotados de una elevada inteligencia, se presenta en otras regiones, en familias enteras de pueblos, como el resultado de tendencias místicas y de intuiciones instintivas. En el comercio íntimo con la naturaleza, en la vivacidad y la profundidad de las emociones que hace nacer, es donde se encuentran tambien los primeros impulsos hácia el culto, hácia una santificacion de las fuerzas destructoras ó conservadoras del universo. Pero á medida que el hombre recorriendo los diferentes grados de su desarrollo intelectual, llega á gozar con toda libertad del poder regulador de la reflexion, á separar, por un acto de franquicia progresiva, el mundo de las ideas del de las sensaciones, no le basta ya un vago presentimiento de la unidad de las fuerzas de la naturaleza. El ejercicio del pensamiento empieza á llenar su alta mision; la observacion, fecundada por el raciocinio, remonta con ardor á las causas de los fenómenos.

La historia de las ciencias nos dice que no ha sido fácil satisfacer á las necesidades de una curiosidad tan activa. Observaciones poco exactas é incompletas han conducido, por falsas inducciones, á ese gran número de apuntes físicos que se han perpetuado entre las preocupaciones populares en todas las clases de la sociedad. Así es que al lado de un conocimiento sólido y científico de los fenómenos, se ha conservado un sistema de pretendidos resultados de observaciones tanto mas difícil de alterar cuanto que no atiende á nin-

guno de los hechos que lo derriban. Este empirismo, triste herencia de los siglos anteriores, mantiene invariablemente sus axiomas. Es arrogante como todo lo que es limitado, mientras que la física, fundada sobre la ciencia, duda porque procura profundizar, separa lo que es cierto de lo que es simplemente probable, y perfecciona sin cesar las teorias estendiendo el círculo de las observaciones.

Este conjunto de dogmas incompletos que un siglo lega al otro, esta física que se compone de preocupaciones populares, no solamente es perjudicial porque perpetua el error con la obstinacion que arrastra siempre el testimonio de hechos mal observados; sino que impide tambien que el espíritu se eleve hasta las grandes miras de la naturaleza. En vez de buscar el estado *medio* al rededor del cual oscilan, en la aparente independencia de las fuerzas, todos los fenómenos del mundo esterior, se complace en multiplicar las escepciones de la ley; busca en los fenómenos y en las formas orgánicas otras maravillas que las de una sucesion regular, de un desarrollo interno y progresivo. Sin cesar inclina á creer interrumpido el órden de la naturaleza, á desconocer en lo presente la analogía con lo pasado, á proseguir á la ventura de sus sueños, la causa de pretendidas perturbaciones, ya en el interior de nuestro globo, ya en los espacios celestes.

El objeto particular de esta obra, es combatir errores que toman su orígen en un empirismo vicioso y en inducciones imperfectas. Los mas nobles goces dependen de la exactitud y de la profundidad de lo que se divisa, de la estension del horizonte que se puede abrazar á la vez. Con la cultura de la inteligencia ha crecido, en todas las clases de la sociedad, la necesidad de embellecer la vida aumentando las masas de las ideas y los medios de generalizarlas. El sen-

timiento de esta necesidad prueba tambien, refutando vagas acusaciones contra el siglo en que vivimos, que no son los solos intereses materiales de la vida los que ocupan el espíritu.

Casi con pena indico un temor que nace, segun parece, de una vista limitada ó de cierta impresion tibia y débil del alma, quiero decir, el temor de que la naturaleza pierda de su encanto y del prestigio de su poder mágico á medida que nosotros comenzamos á penetrar en sus secretos, á comprender el mecanismo de los movimientos celestes, á evaluar numéricamente la intensidad de las fuerzas. Es verdad que las fuerzas no egercen, propiamente hablando, un poder mágico sobre nosotros sino en tanto que su accion envuelta en misterios y en tinieblas, se halla colocada fuera de todas las condiciones que la esperiencia ha podido alcanzar. El efecto de tal poder es por consecuencia poner en movimiento la imaginacion; pero ciertamente no es esta facultad del alma la que nosotros invocariamos con preferencia para presidir á las laboriosas, á las minuciosas observaciones, cuyo fin es el conocimiento de las mas grandes y de las mas admirables leyes del universo. El astrónomo que, por medio de un heliómetro ó de un prisma de doble refraccion, determina el diámetro de los cuerpos planetarios, que mide con gran paciencia durante años enteros, la altura meridiana ó las relaciones de distancia de las estrellas, que busca un cometa telescópico en medio de un grupo de pequeñas nebulosas, no siente (y esta es la garantía misma de la precision de su trabajo) su imaginacion mas conmovida que el botánico que cuenta las divisiones del cáliz, el número de los estambres, los dientes ya libres, ya soldados del anillo que rodea la cápsula de un musgo. Sin embargo, por una parte las medidas multiplicadas de los ángulos, y por

otra las relaciones del pormenor de la organizacion, preparan la vía á importantes descubrimientos sobre la física general.

Es menester distinguir entre la disposicion del alma, el estado del espíritu en el observador, durante su observacion, y la ampliacion ulterior de las vistas que es el fruto de la investigacion y del trabajo del pensamiento. Los físicos miden con admirable sagacidad las ondas luminosas desigualmente largas, que se refuerzan ó se destruyen por *interferencia* aun en sus acciones químicas. El astrónomo, armado de poderosos telescopios, penetra en los espacios celestes, contempla en los últimos límites de nuestro sistema solar las lunas de Urano, y descompone débiles puntos relucientes en estrellas dobles desigualmente coloridas. Los botánicos hallan la constancia del movimiento giratorio del cara en la mayor parte de las celdillas vegetales, y conocen el encadenamiento íntimo de las formas orgánicas por géneros y por familias naturales. Luego la bóveda celeste sembrada de nebulosas y de estrellas, y el rico tapiz de vegetales que cubre el suelo en el clima de las palmeras, no pueden menos de dejar á estos observadores laboriosos una impresion mas imponente y mas digna de la magestad de la creacion, que aquellos cuya alma no está habituada á percibir las grandes relaciones que ligan á los fenómenos. Por consecuencia no puedo estar de acuerdo con Burke, cuando en una de sus ingeniosas obras, pretende «que nuestra ignorancia de las cosas de la naturaleza es la causa principal de la admiracion que nos inspiran, y que ella es la que produce el sentimiento de lo sublime.»

Mientras que la ilusion de los sentidos fija los astros en la bóveda de los cielos, la astronomía por sus atrevidos trabajos ensancha indefinidamente el espacio. Si circunscri-

be la gran nebulosa á que pertenece el sistema solar, no es mas que para mostrarnos mas allá, hácia regiones que huyen á medida que los poderes ópticos aumentan, otros islotes de nebulosas esporádicas. El sentimiento de lo sublime, en tanto que nace de la contemplacion de la distancia de los astros, de su grandor, de la estension física, se refleja en el sentimiento de lo infinito que pertenece á otra esfera de ideas, al mundo intelectual. Lo que el primero ofrece de solemne y de imponente lo debe al enlace que acabamos de señalar, á esta analogía de goces y de emociones que son escitadas en nosotros, ya en medio de los mares, ya en el océano aéreo, cuando capas vaporosas y medio diáfanas nos envuelven sobre la cima de un pico aislado, ya en fin delante de uno de esos poderosos instrumentos que á nebulosas lejanas las disuelven en estrellas.

La simple acumulacion de observaciones individuales sin relacion entre sí, sin generalizacion de ideas, ha podido conducir sin duda á una preocupacion profundamente inveterada, á la persuasion de que el estudio de las ciencias exactas debe necesariamente enfriar el sentimiento y disminuir los nobles placeres de la contemplacion de la naturaleza. Los que aun alimentan tal error en el tiempo en que vivimos, en medio de los progresos de todos los ramos de nuestros conocimientos y de la misma razon pública, desconocen el precio de toda estension de la esfera intelectual, el precio de este arte de correr un velo, por decirlo así, sobre el detalle de los hechos aislados, para elevarse á resultados generales. Frecuentemente con el disgusto de sacrificar bajo la influencia del raciocinio científico el libre goce de la naturaleza, se añade otro temor, el de que no es dado á todas las inteligencias percibir las verdades de la física del mundo. Es cierto que en medio de esta fluctua-

cion universal de fuerzas y de vida, en este laberinto intrincado de organismos que se desenvuelven y se destruyen sucesivamente, cada paso que se adelanta en el conocimiento mas íntimo de la naturaleza, conduce á la entrada de nuevos laberintos; pero es la escitacion de un sentimiento divinatorio, la vaga intuicion de tantos misterios que descubrir, la multiplicidad de las rutas que hay que recorrer, lo que á todos los grados del saber estimula en nosotros el ejercicio del pensamiento. El descubrimiento de cada ley de la naturaleza conduce á otra ley mas general: haciendo presentir al menos la existencia al observador inteligente. La naturaleza, como la ha definido un célebre fisiólogo, y como la palabra misma lo indica entre los griegos y los romanos, es « lo que crece y se desenvuelve perpétuamente, lo que no tiene vida sino por un cambio contínuo de forma y de movimiento interior. »

La série de los tipos orgánicos se estiende ó se completa para nosotros á medida, que por viages de tierra ó de mar, se penetra en regiones desconocidas, que se comparan los organismos vivos con los que han desaparecido en las grandes revoluciones de nuestro planeta, á medida que los microscopios se han perfeccionado y que su uso se ha estendido entre los que saben servirse de ellos con discernimiento. En el seno de esta inmensa variedad de producciones animales y vegetales, en el juego de sus periódicas trasformaciones, se renueva sin cesar el primordial misterio de todo desarrollo orgánico, el problema de la *metamórfosis* que Goethe ha tratado con una sagacidad superior, y que nace de la necesidad que esperimentamos de reducir las formas vitales á un pequeño número de tipos fundamentales. En medio de las riquezas de la naturaleza y de esta acumulacion creciente de las observaciones, se penetra el

hombre de la conviccion íntima que en la superficie y en las entrañas de la tierra, en las profundidades del mar y en las de los cielos, aun despues de millares de años, «no faltará el espacio á los conquistadores científicos.» El sentimiento de Alejandro no podia dirigirse al progreso de la observacion y de la inteligencia.

Las consideraciones generales ya sea que tengan relacion con la materia aglomerada en cuerpos celestes ó con la distribucion geográfica de los organismos terrestres, no solamente son mas atractivas por sí mismas sino por los estudios especiales; ofrecen tambien grandes ventajas á los que no pueden dedicar mucho tiempo á este género de ocupaciones. Los diferentes ramos de la historia natural no son accesibles sino en ciertas posiciones de la vida social; no presentan encanto en cada estacion, bajo cada clima. En las zonas inhospitalarias del norte estamos privados durante mucho tiempo del espectáculo que ofrecen á nuestra vista las fuerzas productivas de la naturaleza orgánica; y si nuestro interés se ha fijado sobre una clase de objetos, las relaciones mas animadas de los viageros que han recorrido paises lejanos, no tendrán ningun atractivo para nosotros, á menos que estas relaciones no toquen á los objetos de nuestra predileccion.

Lo mismo que la historia de los pueblos, si pudiera siempre remontar con buen éxito á las verdaderas causas de los acontecimientos, conseguiria resolver el eterno enigma de las oscilaciones que esperimenta el movimiento sucesivamente progresivo ó retrógrado de la sociedad humana; tambien la descripcion física del mundo, la ciencia del Cosmos, si estuviera concebida por una perfecta inteligencia y fundada sobre el conocimiento de todo lo que se ha descubierto hasta una época dada, haria desaparecer una parte

de las contradicciones que presenta á primera vista la complicacion de los fenómenos, efecto de una multitud de perturbaciones simultáneas. El conocimiento de las leyes, descúbranse en los movimientos del océano, en la marcha calculada de los cometas, ó en las atracciones mútuas de las estrellas múltiples, aumenta la impresion de la calma de la naturaleza. Se diria que «la discordia de los elementos», ese largo espantajo del espiritu humano en sus primeras intuiciones, mengua á medida que las ciencias estienden su imperio. Las vistas generales nos habitúan á considerar cada organismo como una parte de la creacion entera, á reconocer en la planta y en el animal, no la especie aislada, sino una forma enlazada en la cadena de los séres á otras formas vivas ó estinguidas. Nos ayudan á percibir las relaciones que existen entre los descubrimientos mas recientes y las que los han preparado. Relegados en un punto del espacio, recojemos con avidez lo que se ha observado bajo diferentes climas. Queremos seguir á navegantes audaces en medio de los hielos polares hasta el pico de ese volcan del polo antártico, cuyos fuegos son visibles durante el dia á grandes distancias; aun llegamos á comprender algunas de las maravillas del magnetismo terrestre, y la importancia de las numerosas estaciones diseminadas hoy dia en los dos hemisferios para espiar la simultaneidad de las perturbaciones, la frecuencia y la duracion de las *tempestades magnéticas*.

Séame permitido adelantar algunos pasos en el campo de los descubrimientos cuya importancia no puede ser apreciada mas que por aquellos que se han entregado á estudios de física general. Ejemplos escogidos entre los fenómenos que han fijado la atencion sobre todo en estos últimos tiempos, esparcirán una luz nueva sobre las consideraciones prece-

dentes. Sin un conocimiento preliminar de la órbita de los cometas, no se percibiria la importancia del descubrimiento de uno de ellos, cuya órbita elíptica está inclusa en los estrechos límites de nuestro sistema planetario, y ha revelado la existencia de un flúido etéreo que tiende á disminuir la fuerza centrífuga y la duracion de las revoluciones. En una época en que ávidos de medio-saber, se complacen algunos en mezclar á las conversaciones del dia vagos conocimientos científicos, los temores de un choque peligroso con tal ó cual cuerpo celeste, ó de un pretendido desórden de los climas, se renuevan bajo otras formas. Estos sueños de la imaginacion son tanto mas perjudiciales, como que tienen su orígen en pretensiones dogmáticas. La historia de la atmósfera y de las variaciones anuales que esperimenta su temperatura, remonta ya bastante alta para manifestar la vuelta de pequeñas oscilaciones al rededor del calor medio de un lugar, para asegurarnos por consecuencia contra el temor exagerado del deterioro general y progresivo de los climas de la Europa. El cometa de Encke, uno de los tres *cometas interiores*, acaba su curso en mil y doscientos dias, y no es, por la forma y la posicion de su órbita, mas peligroso para la tierra que el gran cometa de Halley, de setenta y seis años, menos bello en 1835 que en 1759, que el cometa interior de Biela, que corta, es verdad, la órbita de la tierra, pero no puede acercarse mucho á nosotros sino cuando su proximidad al sol coincide en el solsticio de invierno.

La cantidad de calor que recibe un planeta, y cuya desigual distribucion determina las variaciones meteorológicas de la atmósfera, depende á la vez de la fuerza fotogénica del sol, es decir, del estado de sus telas gaseosas, y de la posicion relativa del planeta y del cuerpo central. Existen

cambios que esperimentan, segun las leyes de la gravitacion universal, la forma de la órbita terrestre ó la inclinacion de la elíptica (el ángulo que forma el eje de la tierra con el plan de su órbita); pero estos cambios periódicos son tan lentos y encerrados en límites tan estrechos, que los efectos térmicos no podrian apreciarse por nuestros instrumentos actuales sino despues de millares de años. Las causas astronómicas de un enfriamiento de nuestro globo, de la disminucion de la humedad en su superficie, de la naturaleza y de la frecuencia de ciertas epidemias (fenómenos muchas veces discutidos en nuestros dias segun tenebrosos conocimientos de la edad media), deben considerarse como colocadas fuera del alcance de los procedimientos actuales de la física y de la química.

La astronomía física nos ofrece otros fenómenos que no se podrian percibir en toda su grandeza sin estar preparados con miras generales sobre las fuerzas que animan al universo. Tales son el inmenso número de estrellas ó mas bien de soles dobles, girando al rededor de un centro de gravedad comun y revelando la existencia de la atraccion neutoniana en los mundos mas lejanos; la abundancia ó la rareza de las manchas del sol, es decir, de esas aberturas que se forman en las atmósferas luminosa y opáca de que el núcleo sólido está envuelto; las caidas regulares de las exalaciones del 13 de noviembre y del dia de San Lorenzo, anillo de asteróides que cortan probablemente la órbita de la tierra y se mueven con una velocidad planetaria.

Si de las regiones celestes descendemos á la tierra, deseamos concebir las relaciones que existen entre las oscilaciones del péndulo en un espacio lleno de aire, oscilacion cuya teoría ha sido perfeccionada por Bessel, y la densidad de nuestro planeta; preguntamos cómo el péndulo, haciendo

las funciones de una sonda, nos instruye hasta cierto punto de la constitucion geológica de las capas á grandes profundidades. Se nota una analogía sorprendente entre la formacion de las rocas granadas que componen corrientes de lavas á la pendiente de los volcanes activos, y estas masas endógenas de granito, de pórfiro y de serpentina, que, salidas del seno de la tierra, destrozan como rocas de erupciones los bancos secundarios, y los modifican por contacto, ya haciéndolos mas duros por medio del sílice que se introduce, ya reduciéndolos al estado de dolomia, ya en fin, haciendo nacer cristales de composicion muy variada. La conmocion de islotes esporádicos, de cúpulas de traquito y de conos de basalto por las fuerzas elásticas que emanan del interior flúido del globo, han conducido al primer geólogo de nuestro siglo, M. Leopoldo de Buch, á la teoría de la conmocion de los continentes y de las cadenas de las montañas en general. Una accion tal de las fuerzas subterráneas, el rompimiento y la elevacion de los bancos de rocas de sedimento de que el litoral de Chile á consecuencia de un gran temblor de tierra ha ofrecido un ejemplo reciente, hacen entrever la posibilidad de que conchas pelágicas halladas por M. Bompland y por mí, sobre la cima de los Andes, á mas de 4,600 metros de elevacion, hayan podido llegar á esta posicion estraordinaria, no por la entumecencia del océano, sino por agentes volcánicos capaces de arrugar la corteza reblandecida de la tierra.

Llamo *volcanismo*, en el sentido mas general de la palabra, á toda accion que el interior de un planeta ejerce sobre su corteza esterior. La superficie de nuestro globo y la de la luna manifiestan las huellas de esta accion que, en nuestro planeta al menos, ha variado en la série de los siglos. Los que ignoran que el calor interior de la tierra au-

menta rápidamente con la profundidad, y que á ocho ó nueve leguas de distancia el granito está en fusion, no pueden formarse una idea precisa de las causas y de la simultaneidad de erupciones volcánicas muy apartadas unas de otras, de la estension y del cruzamiento de los *círculos de conmocion* que ofrecen los temblores de tierra, de la constancia de temperatura y de la igualdad de composicion química observadas en las aguas termales durante una larga série de años. Es tal sin embargo la importancia de la cantidad de calor propia de un planeta, que resulta de su condensacion primitiva, y puede variar segun la naturaleza y lo que dura su radiacion que el estudio de esta misma cantidad arroja á la vez alguna luz sobre la historia de la atmósfera y la distribucion de los cuerpos orgánicos que se hallan ocultos bajo la corteza sólida de la tierra. Este estudio nos hace concebir de qué manera una temperatura tropical, independiente de la latitud (de la distancia á los polos) ha podido ser el efecto de profundas grietas que permanecieron mucho tiempo abiertas cuando el arrugamiento y resquebrajamiento de la corteza apenas consolidada que aun exhalaba el calor interior; y nos representa un antiguo estado de cosas, en el cual la temperatura de la atmósfera y los climas en general eran debidos mas bien al desprendimiento del calórico y de diferentes emanaciones gaseosas, es decir, á la enérgica reaccion del interior sobre el esterior, que á la relacion de la posicion de la tierra frente al cuerpo central, el sol.

Las regiones frias encierran, depositados en capas sedimentarias, los productos de los trópicos: en el *terreno hornaguero*, troncos de palmeras, quedados en pié y mezclados con coníferos, helechos arborescentes, goniatitas y pescados de escamas romboidales huesosas; en el *calcareo del*

Jura, enormes esqueletos de crocodilos y de plesiosauros, planulites y troncos de cycadeas; en la *creta*, pequeños polytalamos y bryozoarios cuyas especies mismas viven aun en el seno de los mares actuales; en el *trípoli* ó esquisto tosco, el medio-ópalo y el ópalo farinaceo, poderosas aglomeraciones de infusorios silíceos que Ehremberg bajo su microscopio vivificante nos ha revelado; en fin, en los *terrenos de trasporte* y en ciertas cabernas, huesos de elefantes, de hienas y de leones. Familiarizados como estamos con las grandes miras de la física del globo, estas producciones de los climas cálidos, hallándose en el estado fósil en las regiones septentrionales, no escitan ya en nosotros una estéril curiosidad; se convierten en los mas dignos objetos de meditaciones y de combinaciones nuevas.

La multitud y la variedad de los problemas que acabo de abordar, originan la cuestion de saber si pueden tener un grado de claridad suficiente consideraciones generales donde falta el estudio detallado y especial de la historia natural descriptiva, de la geología ó de la astronomía matemática.

Me parece que es menester distinguir primero entre el que debe recojer las observaciones esparcidas y profundizarlas para manifestar su encadenamiento, y aquel á quien este encadenamiento debe trasmitirse bajo la forma de resultados generales. El primero se impone la obligacion de conocer la especialidad de los fenómenos; es necesario que antes de llegar á la generalizacion de las ideas, haya recorrido, al menos en parte, el dominio de las ciencias, que haya observado, esperimentado y medido por sí mismo. No podré negar que donde faltan los conocimientos positivos, los resultados generales que en sus relaciones consecutivas recrean tanto la contemplacion de la naturaleza, no pueden desenvolverse todas con el mismo grado de

luz; pero creo sin embargo que en la obra que preparo sobre la física del mundo, la parte mas considerable de las verdades será puesta en evidencia sin que sea necesario remontar siempre á los principios y á las nociones fundamentales. Este cuadro de la naturaleza, aun debiendo presentar en muchas de sus partes contornos poco acabados, no por esto será menos propio á fecundizar la inteligencia, á ensanchar la esfera de las ideas, á alimentar y á vivificar la imaginacion.

Tal vez no ha sido injusta la acusacion que se ha hecho á muchas obras científicas de Alemania, de haber disminuido por la acumulacion de detalles la impresion y el valor de las advertencias generales; de no separar suficientemente esos grandes resultados que forman, por decirlo así, las cimas de las ciencias, de la larga enumeracion de los medios que han servido para obtenerlos. Esta acusacion ha hecho decir con algun enfado al mas ilustre de nuestros poetas: «Los alemanes tienen el don de hacer las ciencias inaccesibles.» Concluido el edificio no puede producir efecto hasta que se le desembaraza de la andamiada que ha sido necesaria para construirlo. Así, la uniformidad de figura que se observa en la distribucion de las masas continentales, que todas terminan hácia el sud en forma de pirámide, y se ensanchan hácia el norte (ley que determina la naturaleza de los climas, la direccion de las corrientes en el océano y en la atmósfera, el paso de ciertos tipos de vegetacion tropical á la zona templada austral), puede percibirse con claridad, sin que se conozcan las operaciones geodésicas y astronómicas por las cuales han sido determinadas estas formas piramidales de los continentes. Del mismo modo nos enseña la geografía física cuántas leguas es mayor el eje ecuatorial que el eje polar del globo; nos enseña la igualdad media

del aplanamiento de los dos hemisferios, sin que sea necesario esponer como, por la medida de los grados del meridiano ó por observaciones del péndulo, se ha llegado á conocer que la verdadera figura de la tierra no es exáctamente la de un elipsoide de revolucion regular, y que esta figura se refleja en las desigualdades de los movimientos lunares. Las grandes miras de la geografía comparada no han empezado á tomar solidez y brillo á un tiempo, hasta la aparicion de esa admirable obra (*Estudios de la tierra en sus relaciones con la naturaleza y con la historia del hombre*) en que Carlos Ritter ha caracterizado tan fuertemente la fisonomía de nuestro globo, y demostrado la influencia de su configuracion esterior, tanto sobre los fenómenos físicos que se operan en su superficie, cuanto sobre las emigraciones de los pueblos, sus leyes, sus costumbres y todos los principales fenómenos históricos de que es el teatro.

La Francia posee una obra inmortal, la *Esposicion del sistema del mundo*, en la cual ha reunido el autor los resultados de los trabajos matemáticos y astronómicos mas sublimes, desnudándolos del aparato de las demostraciones.

La estructura de los cielos está reducida en este libro á la simple solucion de un gran problema de mecánica. Sin embargo, la *Esposicion del sistema del mundo*, de Laplace, nunca se ha tachado de incompleto ni de carecer de profundidad. Distinguir los materiales desemejantes, los trabajos que no tienden al mismo fin, separar las observaciones generales de las observaciones aisladas, es el único medio de dar la unidad de composicion á la física del mundo, de esparcir la claridad sobre los objetos, y de imprimir un carácter de grandeza al estudio de la naturaleza. Suprimiendo todo lo que distrae por los detalles, no se miran mas que las grandes masas, y se percibe racionalmente por el

pensamiento lo que resta imperceptible á la debilidad de nuestros sentidos.

Hay que añadir á estas consideraciones que la esposicion de los resultados está singularmente favorecida en nuestros dias por la feliz revolucion que han esperimentado desde fines del último siglo, los estudios especiales, sobre todo los de la geología, de la química y de la historia natural descriptiva. A medida que las leyes se generalizan, que las ciencias se fecundan mútuamente, que estendiéndose se unen entre sí por lazos mas numerosos y mas íntimos, el desarrollo de las verdades generales puede ser conciso sin hacerse superficial. Al principio de la civilizacion humana, todos los fenómenos parecian aislados; la multiplicidad de las observaciones y la reflexion los ligan y hacen conocer su dependencia mútua. Si acontece no obstante que en un siglo caracterizado como el nuestro, por los progresos mas brillantes, una falta de enlace de los fenómenos entre sí se haga sentir para ciertas ciencias, deben esperarse descubrimientos tanto mas importantes como que estas mismas ciencias han sido cultivadas con una sagacidad de observacion y una predileccion muy particulares. Este género de esperanza es el que escitan la meteorología, muchas partes de la óptica, y, desde los bellos trabajos de Melloni y de Faraday, el estudio del calórico radiante y del electro-magnetismo. Resta que recojer una rica cosecha, bien que la pila de Volta nos manifiesta ya un enlace íntimo entre los fenómenos eléctricos, magnéticos y químicos. ¿Quién osaria afirmar hoy que conocemos con precision la parte de la atmósfera que no es oxígeno, qué milésimos de sustancias gaseosas obrando sobre nuestros órganos no están mezcladas al azoe, y que se ha descubierto la totalidad de las fuerzas que existen en el universo?

No es cuestion, en este ensayo sobre la física del mundo, de reducir el conjunto de los fenómenos sensibles á un corto número de principios abstractos teniendo su base en la razon sola. La física del mundo, tal como intento esponerla, no tiene la pretension de elevarse á las peligrosas abstracciones de una ciencia puramente racional de la naturaleza; es una *geografía física* reunida á la *descripcion de los espacios celestes* y de los cuerpos que llenan estos espacios. Estraño á las profundidades de la filosofía puramente especulativa, mi ensayo sobre el Cosmos es la contemplacion del universo, fundada en un empirismo razonado, es decir, en el conjunto de los hechos registrados por la ciencia, y sometidos á las operaciones del entendimiento que compara y combina. En estos solos límites entra la obra que he osado emprender en la esfera de los trabajos á que se ha consagrado la larga carrera de mi vida científica. No me aventuro á una esfera en que no podria moverme con libertad, aunque otros pueden á su vez ensayarse con éxito. La unidad que procuro alcanzar en el desarrollo de los grandes fenómenos del universo es la que ofrecen las composiciones históricas. Todo lo que pertenece á individualidades accidentales, á la esencia variable de la realidad, ya sea en la forma de los séres y en el agrupamiento de los cuerpos, ya en la lucha del hombre contra los elementos y de los pueblos contra los pueblos, no puede *racionalmente esplicarse* si lo deducimos solo de las ideas.

Me atrevo á creer que la descripcion del universo y la historia civil se hallan colocadas en el mismo grado de empirismo; pero sometiendo los fenómenos físicos y los acontecimientos al trabajo del pensamiento, y remontando por el raciocinio á las causas, se confirma mas y mas la antigua creencia, de que las fuerzas inherentes á la materia y las

que rigen al mundo moral, ejercen su accion bajo el imperio de una necesidad primordial y segun los movimientos que se renuevan por vueltas periódicas mas ó menos largas. Esta necesidad de las cosas, este encadenamiento oculto, pero permanente, esta vuelta periódica en el desarrollo progresivo de las formas, fenómenos y acontecimientos, constituyen la *naturaleza* obediente al primer impulso dado. La física, como su mismo nombre indica, se limita á esplicar los fenómenos del mundo material por las propiedades de la materia. El último fin de las ciencias esperimentales es, pues, remontar á la existencia de las leyes y generalizarlas progresivamente. Todo lo que vá mas allá no es del dominio de la física del mundo, y pertenece á otro género de especulaciones mas elevadas. Emmanuel Kant, uno de los pocos filósofos que no han sido acusados de impiedad hasta ahora, ha marcado los límites de las esplicaciones físicas con una sagacidad esquisita en su célebre *Ensayo sobre la teoría y la construccion de los cielos*, publicado en Kœnigsberg, en 1755.

El estudio de una ciencia que promete conducirnos al través de los vastos espacios de la creacion, se asemeja á un viage á pais lejano. Antes de emprenderlo, se miden y frecuentemente con desconfianza, las propias fuerzas y las del guia que se ha elegido. El temor, cuyo orígen es la abundancia y la dificultad de las materias, disminuye, si se trae á la memoria, como lo hemos indicado mas arriba, que con la riqueza de las observaciones, se ha aumentado tambien en nuestros dias, el conocimiento mas y mas íntimo de la conexion de los fenómenos. Lo que en el círculo mas estrecho de nuestro horizonte pareció mucho tiempo inesplicable, se ha esclarecido frecuente é inopinadamente por investigaciones hechas á grandes distancias. En el reino ani-

mal, como en el reino vegetal, formas orgánicas que habian quedado aisladas, han sido enlazadas por eslabones intermedios, por formas ó tipos de transicion. La geografía de los séres se completa, mostrándonos especies, géneros, familias enteras propias de un continente, reflejadas en formas análogas de animales y de plantas del continente opuesto. Estas son, por decirlo asi *equivalentes* que se suplen y se remplazan en la gran série de los órganos. La transicion y el encadenamiento se fundan sucesivamente sobre un minoramiento ó un desarrollo escesivo de ciertas partes, sobre la preponderancia que resulta de una falta de equilibrio en el balance de las fuerzas, sobre relaciones con las formas intermedias, que lejos de ser permanentes caracterizan solo ciertas fases con un desarrollo normal. Si de los cuerpos dotados de vida, pasamos á los séres del mundo inorgánico hallaremos ejemplos que caracterizan en alto grado los progresos de la geología moderna. Reconoceremos cómo, segun las grandes miras de Elie de Beaumont, las cadenas de montañas que dividen los climas, las zonas vegetales y las razas de pueblos, nos revelan su *edad relativa*, y por la naturaleza de los bancos sedimentarios que han levantado, y por las direcciones que siguen por cima de las largas grietas en que se ha verificado el arrugamiento de la superficie del globo. Relaciones de situacion en formaciones de traquito y de pórfiro sienítico, de diorito y de serpentina, que quedaron dudosas en los terrenos auríferos de la Hungria, en el Oural, rico en platina y en la pendiente sudoeste del Altai siberio, se hallan esclarecidas por observaciones recojidas sobre las llanuras de Méjico y de Antioquía y en las ramblas insalubres del Chocó. Los materiales mas importantes sobre los que en los tiempos modernos ha sentado sus bases la física del mundo, no han sido acumulados por casualidad.

Se ha reconocido en fin, y esta conviccion dá un carácter particular á las investigaciones de nuestra época, que viajes lejanos, consagrados mucho tiempo con preferencia á la relacion de arriesgadas aventuras, no pueden ser instructivos sino en tanto que el viagero conoce el estado de la ciencia de que debe estender el dominio, que sus ideas guien sus investigaciones y lo inicien en el estudio de la naturaleza.

Por esta tendencia hácia las concepciones generales peligrosa solamente en sus abusos, es por la que una parte considerable de los conocimientos físicos ya adquiridos puede hacerse propiedad comun de todas las clases de la sociedad; pero esta propiedad no tiene valor sino en tanto que la instruccion esparcida contraste, por la importancia de los objetos que trata, y por la dignidad de sus formas, con sus compilaciones poco sustanciales que hasta fin del siglo diez y ocho han sido señaladas con el nombre impropio de *saber popular*. Quiero persuadirme que las ciencias espuestas en un lenguage que se eleva á su altura, grave y animado á la vez, deben de ofrecer á los que encerrados en el estrecho círculo de los deberes de la vida se abochornan de haber permanecido mucho tiempo estraños al trato íntimo de la naturaleza, uno de los mas vivos goces, el de enriquecer el entendimiento con ideas nuevas. Este trato, por las emociones que produce, despierta en nosotros, digámoslo así, órganos que han dormido mucho tiempo. Llegamos á percibir de un golpe de vista lo que en los descubrimientos físicos ensancha la esfera de la inteligencia, lo que, por felices aplicaciones á las artes mecánicas y químicas, aumenta la riqueza nacional.

Un conocimiento mas exacto del enlace de los fenómenos nos liberta tambien de un error demasiado estendido aun y es que bajo la relacion del progreso de las sociedades hu-

manas y de su prosperidad industrial, todos los ramos del conocimiento de la naturaleza no tienen el mismo valór intrínseco. Se establecen muy arbitrariamente grados de importancia entre las ciencias matemáticas, el estudio de los cuerpos organizados, el conocimiento del electro-magnetismo, la investigacion de las propiedades generales de la materia en sus diversos estados de agregacion molecular. Se desprecia presuntuosamente lo que se cree deshonrar por el nombre de «investigaciones puramente teóricas.» Se olvida, y esto es bien antiguo, que la observacion de un fenómeno que al principio parece enteramente aislado, encierra muchas veces el gérmen de un gran descubrimiento. Cuando Aloysio Galvani escitó por primera vez la fibra nerviosa por el contacto accidental de dos metales heterogéneos, estaban léjos de esperar sus contemporáneos que la accion de la pila de Volta nos haria ver en los álcalis, metales con lustre de plata, nadando sobre el agua y eminentemente inflamables; que la misma pila se haria un instrumento poderoso de análisis químico, un termóscopo y un iman. Cuando Huyghens observó el primero, en 1678, un fenómeno de polarizacion, la diferencia que existe entre los dos rayos en que se reparte una porcion de luz al atravesar un cristal de doble refraccion, no se preveia que casi siglo y medio mas tarde, el gran descubrimiento de la *polarizacion cromática*, por M. Arago, conduciria á este astrónomo físico á resolver, por medio de un pequeño fragmento de espato de Islandia, las importantes cuestiones de saber si la luz solar emana de un cuerpo sólido ó de una tela gaseosa, si los cometas nos envian la luz propia ó reflejada.

La apreciacion igual de todos los ramos de ciencias matemáticas, físicas y naturales, es la necesidad de una época en que la riqueza material de los Estados y su prosperidad

creciente, están principalmente fundadas sobre un empleo mas ingenioso y mas racional de las producciones y de las fuerzas de la naturaleza. Una rápida ojeada dirigida al estado actual de la Europa recuerda que en medio de esta lucha desigual de los pueblos que rivalizan en la carrera de las artes industriales, el aislamiento y una lentitud indolente tienen sin duda por efecto la disminucion y el aniquilamiento total de la riqueza nacional. Lo mismo es la vida de los pueblos que la de la naturaleza, que segun una feliz espresion de Goethe, «en su impulso eternamente recibido y trasmitido, en el desarrollo orgánico de los séres, no conoce reposo ni detencion y maldice á todo lo que retarda y suspende el movimiento.» La propagacion de los estudios graves y sérios de las ciencias, es la que contribuirá á alejar los peligros que señalo aquí. El hombre no tiene accion sobre la naturaleza, no puede apropiarse ninguna de sus fuerzas, mientras no aprende á medirlas con precision y á conocer las leyes del mundo físico. El poder de las sociedades humanas, ha dicho Bacon, es la inteligencia; este poder se eleva y desciende con ella. Pero el saber que resulta del libre trabajo del pensamiento no es solamente un goce del hombre, es tambien el antiguo é indestructible derecho de la humanidad; y formando parte de sus riquezas, es frecuentemente la compensacion de los bienes que ha repartido la naturaleza con parsimonia sobre la tierra. Los pueblos que no toman una parte activa en el movimiento industrial, en la eleccion y en la preparacion de las primeras materias, en las aplicaciones felices de la mecánica y de la química, en los cuales no penetra esta actividad en todas las clases de la sociedad, deben infaliblemente decaer de la prosperidad que habian adquirido. El empobrecimiento es tanto mas rápido, cuanto los Estados limítrofes

rejuvenecen mucho mas sus fuerzas por la dichosa influencia de las ciencias sobre las artes.

Lo mismo que en las esferas elevadas del pensamiento y del conocimiento; en la filosofía, la poesía y las bellas artes, el primer objeto de todo estudio es un objeto interior, el de ensanchar y fecundar la inteligencia, del mismo modo el término á que deben aspirar directamente las ciencias, es el descubrimiento de las leyes y del principio de unidad que se revela en la vida universal de la naturaleza. Siguiendo la ruta que acabamos de trazar, no serán menos útiles los estudios físicos á los progresos de la industria, que es una conquista de la inteligencia del hombre sobre la materia. Por una feliz conexion de causas y de efectos, muchas veces aun sin que el hombre lo prevea, lo verdadero, lo bello, lo bueno se hallan enlazados con lo útil. La mejora de los cultivos entregados á manos libres y en propiedades de menor estension; el estado floreciente de las artes mecánicas, libres de las trabas que les ponia el espíritu de corporacion; el comercio ensanchado y vivificado por la multiplicidad de los medios de contacto entre los pueblos, he aquí los resultados gloriosos de los progresos intelectuales y de la perfeccion de las instituciones políticas en las cuales se reflejan estos progresos. El cuadro de la historia moderna deberia convencer á aquellos cuyo sueño parece largo.

No temamos tampoco que la direccion que caracteriza nuestro siglo, que la predileccion tan marcada por el estudio de la naturaleza y por los progresos de la industria, den como resultado necesario la tibieza en los nobles esfuerzos que se producen en el dominio de la filosofía, de la historia y del conocimiento de la antigüedad; que propenda á privar á las producciones de las artes, encanto de nuestra

existencia, del soplo vivificador de la imaginacion. Donde quiera que, bajo la égida de instituciones libres y de una sábia legislacion, puede desenvolverse completamente cualquiera gérmen de civilizacion, no es de temer que una rivalidad pacífica perjudique á ninguna de las creaciones del entendimiento. Cada uno de estos desarrollos ofrece preciosos frutos al Estado, los que dan el alimento al hombre y fundan su riqueza física, así como aquellos que, mas durables, trasmiten la gloria de los pueblos á la posteridad mas remota. Los espartanos, á pesar de su austeridad dórica, rogaban á los dioses «que les concedieran lo hermoso con lo bueno.»

No desenvolveré mas estas consideraciones tan frecuentemente espuestas sobre la influencia que ejercen las ciencias matemáticas y físicas en todo lo concerniente á las necesidades materiales de la sociedad. El campo que debo recorrer es demasiado vasto para que me permita insistir aquí sobre la utilidad de las aplicaciones. Acostumbrado á viages lejanos, tal vez cometa el error de describir la ruta mas clara y mas agradable de lo que es realmente; este es el hábito de los que quieren guiar á los otros hasta las cimas de altas montañas. Celebran la vista, aun cuando una gran estension de llanuras quede oculta en las nubes; saben que un velo vaporoso y medio diáfano tiene un encanto secreto, y que la imágen de lo infinito liga el mundo de los sentidos al mundo de las ideas y de las emociones. Tampoco se muestra el horizonte igualmente claro y bien concluido en todas sus partes, desde la altura á que se eleva la física del mundo. Pero lo que podrá quedar vago y cubierto de un velo, no será solo por consecuencia de la falta de comercio que resulta del estado de imperfeccion de algunas ciencias; lo será mas aun por la falta del guia que, impru-

dentemente, ha emprendido elevarse hasta estas cimas.

Por lo demás, la introduccion al Cosmos no tiene por objeto hacer váler la importancia y la grandeza de la física del mundo, las cuales no se disputan en nuestros dias. Solamente he querido probar que, sin perjudicar á la solidez de los estudios especiales, se pueden generalizar las ideas, concentrarlas en un foco comun y demostrar las fuerzas y los organismos de la naturaleza como movidos y animados por un mismo impulso. «La naturaleza, dice Schelling en su poético discurso sobre las artes, no es una masa inerte; es, para el que sabe penetrarse de su sublime grandeza, la fuerza creadora del universo, fuerza que obra sin cesar, primitiva, eterna, que hace nacer en su propio seno todo lo que existe, perece y renace sucesivamente.»

Haciéndo retroceder los límites de la física del globo, reuniendo bajo un mismo punto de vista los fenómenos que presenta la tierra con los que abrazan los espacios celestes, se llega á la ciencia del Cosmos, se convierte la física del globo en una física del mundo. Una de estas denominaciones está formada á imitacion de la otra; pero la ciencia del Cosmos no es la agregacion enciclopédica de los resultados mas generales y los mas importantes que suministran los estudios especiales. Estos resultados no dan mas que los materiales de un vasto edificio; su conjunto no podrá constituir la física del mundo, esta ciencia que aspira á hacer conocer la accion simultánea y el vasto encadenamiento de las fuerzas que animan al universo. La distribucion de los tipos orgánicos segun las relaciones de latitud, de altura y de climas (geografía de las plantas y de los animales), es enteramente tan distinta de la botánica y de la zoología descriptivas, como lo es la geología de la mineralogía propiamente dicha. La física del mundo no debe, por consecuencia, con-

fundirse con esas *Enciclopedias de las ciencias naturales* publicadas hasta aquí, y cuyo título es tan vago como mal trazados sus límites. En la obra que nos ocupa, no serán considerados los hechos parciales mas que en sus relaciones con el todo. Cuanto mas elevado es este punto de vista, mas reclama la esposicion de nuestra ciencia un método que le sea propio y un lenguage animado y pintoresco.

En efecto, el pensamiento y el lenguage tienen entre sí una íntima y antigua alianza. Cuando, por la originalidad de su estructura y su riqueza nativa, llega la lengua á dar encanto y claridad á los cuadros de la naturaleza; cuando, por la feliz flexibilidad de su organizacion, se presta á pintar los objetos del mundo esterior, esparce al mismo tiempo un soplo de vida sobre el pensamiento. Por este reflejo mútuo, es la palabra mas que un signo ó la forma del pensamiento. Su benéfica influencia se manifiesta sobre todo en presencia del suelo natal, por la accion espontánea del pueblo, de quien es la viva espresion. Orgulloso de una patria que procura concentrar su fuerza en la unidad intelectual, quiero recordar, por una vuelta sobre mí mismo, las ventajas que ofrece al escritor el empleo de un idioma que le es propio, y el único que puede manejar con alguna delicadeza. Feliz si le es dado, esponiendo los grandes fenómenos del universo, sacar de las profundidades de una lengua que, hace siglos, por el libre vuelo del pensamiento como por las obras de la imaginacion creadora, ha influido tan poderosamente en los destinos humanos.

LIMITES Y METODO DE ESPOSICION

DE LA

DESCRIPCION FISICA DEL MUNDO.

En las consideraciones que preceden, he procurado esponer y esclarecer con algunos ejemplos, cómo se han acrecentado y ennoblecido los goces que ofrece el aspecto de la naturaleza, tan diversos en sus orígenes, por el conocimiento de la conexion de los fenómenos y por el de las leyes que los rigen. Me queda que examinar el espíritu del método que debe presidir á la esposicion de la *descripcion física del mundo*, indicar los límites en que cuento circunscribir la ciencia, por las observaciones que se me han presentado en el curso de mis estudios y bajo los diferentes climas que he recorrido. ¡Ojalá que pueda lisonjearme con la esperanza de que una discusion de este género justificará el título imprudentemente dado á esta obra, y me libertará del cargo de una presuncion que seria doblemente reprensible en trabajos científicos! Antes de presentar el cuadro de los fenómenos parciales, distribuidos en los grupos que forman, trataré cuestiones generales que, intimamente ligadas entre

si, interesan á la naturaleza de nuestros conocimientos sobre el mundo esterior y las relaciones que estos conocimientos afectan, en todas las épocas de la historia, con las diferentes fases de la cultura intelectual de los pueblos. Estas cuestiones tienen por objeto:

1.° Los límites precisos de la descripcion física del mundo, como ciencia distinta.

2.° La enumeracion rápida de la totalidad de los fenómenos de la naturaleza bajo la forma de un *cuadro general de la naturaleza*.

3.° La influencia del mundo esterior sobre la imaginacion y la sensacion, influencia que ha dado en los tiempos modernos un impulso poderoso al estudio de las ciencias naturales, por la descripcion animada de las regiones lejanas, por la pintura del paisage en tanto que caracteriza la fisonomía de los vegetales, por las plantaciones ó la disposicion de las formas vegetales exóticas en grupos que contrastan entre sí.

4.° La historia de la contemplacion de la naturaleza, ó el desarrollo progresivo de la idea del *Cosmos*, segun la esposicion de los hechos históricos y geográficos que han conducido á descubrir el encadenamiento de los fenómenos.

Cuanto mas elevado es el punto de vista bajo el cual mira la física del mundo los fenómenos, es mas necesario circunscribir la ciencia en sus verdaderos límites, y separarla de todos los conocimientos análogos ó auxiliares. La descripcion física del mundo está fundada en la contemplacion de la universalidad de las cosas creadas, de todo lo que coexiste en el espacio tocante á sustancias y á fuerzas, de la simultaneidad de los séres materiales que constituyen el universo. La ciencia que intento definir tiene, por consecuencia, para el hombre, habitante de la tierra, dos partes

distintas: la tierra misma y los espacios celestes. Para hacer ver el carácter propio, el carácter de independencia de la descripcion física del mundo, y para indicar al mismo tiempo la naturaleza de sus relaciones con la *física general*, con la *historia natural descriptiva*, la *geología* y la *geografía comparada*, es por lo que voy á detenerme primero y con preferencia en esta parte de la ciencia del Cosmos que concierne á la tierra. Así como la historia de la filosofía no consiste en una enumeracion en cierto modo material de las opiniones filosóficas de las diferentes edades, así tambien la descripcion física del mundo no podria ser una simple asociacion enciclopédica de las ciencias que acabamos de nombrar. La confusion entre conocimientos estrechamente ligados es tanto mayor, que hace siglos se está habituados á designar grupos de nociones empíricas por denominaciones que son ya demasiado amplias, ya demasiado estrechas, con relacion á las ideas que deben espresar. Estas denominaciones ofrecen además la gran desventaja de tener un sentido muy distinto en las lenguas de la antigüedad clásica, de las cuales se han tomado. Los nombres de fisiología, de física, de historia natural, de geología y de geografía, han nacido y han empezado á ser de un uso habitual mucho antes que se tuviesen ideas claras de la diversidad de los objetos que estas ciencias debian abrazar, es decir, de su delimitacion recíproca. Tal es, sobre las lenguas, la influencia de un largo hábito, que en una de las naciones europeas mas adelantadas en civilizacion, la palabra *física* está aplicada á la medicina, mientras que la química técnica, la geología y la astronomía, ciencias puramente esperimentales, se cuentan entre los *trabajos filosóficos* de una Academia cuya fama es justamente universal.

Frecuentemente se ha intentado, y casi siempre en vano,

sustituir á las denominaciones antiguas, vagas sin duda pero generalmente comprendidas hoy, nombres nuevos y mejor formados. Estos cambios han sido propuestos en particular por aquellos que se hán ocupado de la clasificacion general de los conocimientos humanos, desde la grande Enciclopedia (*Margarita filosófica*) de Gregorio Reisch, prior de la Cartuja de Friburgo, hácia el fin del décimo quinto siglo hasta el canciller Bacon, desde Bacon hasta de Alembert, y en estos últimos tiempos hasta un físico muy sagaz, Andrés María Ampere. La eleccion de una nomenclatura griega poco apropiada ha sido tal vez mas perjudicial aun á esta última tentativa que el abuso de las divisiones binarias y la escesiva multiplicidad de los grupos.

La descripcion física del mundo, mirando al universo como objeto de los sentidos esteriores, tiene necesidad indudablemente de la ayuda de la física general y de la historia natural descriptiva como auxiliares; pero la contemplacion de las cosas creadas, encadenadas entre sí y formando un *todo* animado por fuerzas interiores, da á la ciencia que nos ocupa en esta obra un carácter particular. La física se detiene en las propiedades generales de los cuerpos; es el producto de la abstraccion, la generalizacion de los fenómenos sensibles. Ya en la obra donde se echaron los primeros cimientos de la física general, en los ocho libros físicos de Aristóteles, todos los fenómenos de la naturaleza están considerados como dependientes de la accion primitiva y vital de una fuerza única, orígen de todo movimiento en el universo. La parte terrestre de la física del mundo, á la cual conservaré con gusto la antigua denominacion muy espresiva de *Geografía física*, trata de la distribucion del magnetismo en nuestro planeta, segun las relaciones de intensidad y de direccion; pero no se ocupa de

las leyes que ofrecen las atracciones ó las repulsiones de los polos, ni de los medios de producir corrientes electro-magnéticas permanentes ó pasageras. La geografía física representa con grandes rasgos la configuracion compacta ó articulada de los continentes, la estension de su litoral comparada á su superficie, la reparticion de las masas continentales en los dos hemisferios, reparticion que ejerce una influencia poderosa sobre la diversidad de los climas y de las modificaciones meteorológicas de la atmósfera; señala el carácter de las cadenas de montañas, que levantadas en diferentes épocas, forman sistemas particulares, ya paralelas entre sí, ya divergentes y cruzadas, examina la altura media de los continentes sobre el nivel de los mares y la posicion del centro de gravedad de su volúmen, la relacion entre el punto culminante de una cadena de montañas y la altura media de su cima ó su proximidad á un litoral vecino. Nos describe las rocas de erupcion como principios de movimiento, pues que obran sobre las rocas sedimentarias que atraviesan, solevantan é inclinan, contempla los volcanes segun se hallan aislados ó colocados por série ya simple, ya doble, y estendiendo á diversas distancias la esfera de su actividad, sea por las rocas que producen en corrientes largas y estrechas, sea conmoviendo el suelo por círculos que se ensanchan ó disminuyen de diámetro en la série de los siglos. La parte terrestre de la ciencia del Cosmos describe la lucha del elemento líquido con la tierra firme; espone lo que todos los grandes rios tienen de comun en su curso superior ó inferior, en su bifurcacion, cuando su cavidad aun no está enteramente cerrada; nos muestra los rios rompiendo las mas altas cadenas de montañas, ó siguiendo largo tiempo un curso paralelo á estas cadenas, ya á su pié, ya á grandes distancias, cuando el levantamiento de las ca-

pas de un sistema de montañas, la direccion del arrugamiento, está conforme á la de los bancos mas ó menos inclinados de la llanura. Los resultados generales de la *Orografía* y de la *Hidrografía* comparadas pertenecen solo á la ciencia de que tengo empeño en determinar aquí los límites reales, pero no la enumeracion de las mayores alturas del globo, el cuadro de los volcanes aun activos, hoyas de rios ó de la multitud de sus afluentes. Estos detalles son del dominio de la geografía propiamente dicha. No consideraremos aquí los fenómenos sino en su dependencia mútua, en las relaciones que presentan con las diferentes zonas de nuestro planeta y su constitucion física en general. Las especialidades de la materia bruta ú organizada, clasificadas segun la analogía de forma y de composicion, ofrecen sin duda un estudio del mas vivo interés, pero pertenecen á una esfera de ideas muy distintas de las que son objeto de esta obra.

Descripciones de diversos paises ofrecen los materiales mas importantes para la composicion de una geografía física; sin embargo la reunion de estas descripciones colocadas por séries, nos daria apenas la imágen verdadera, la conformacion general de la superficie polihédrica de nuestro planeta, como lo harian las floras de las diferentes regiones colocadas unas en seguida de otras que no formarian lo que designo con el nombre de una *Geografía de las plantas*. Por la aplicacion del pensamiento á las observaciones aisladas, por las miras del espíritu que compara y combina, es por lo que llegamos á descubrir lo que en la individualidad de las formas orgánicas (en la *Morfologia* ó historia natural descriptiva de las plantas y de los animales) se ofrece de comun respecto á la distribucion climatérica de los séres; es la induccion quien nos revela las leyes numéricas en la pro-

porcion de las familias naturales á la suma total de las especies, la latitud ó posicion geográfica de las zonas donde en las llanuras cada forma orgánica llega al maximun de su desarrollo. Estas consideraciones asignan á la descripcion física del globo, por la generalizacion de los conocimientos un carácter elevado; nos hacen concebir cómo el aspecto del paisage, la impresion que nos deja la fisonomía de la vegetacion, depende de esta reparticion local de las formas, del número y del crecimiento mas vigoroso de las que predominan en la masa total.

Los catálogos de los séres organizados á los cuales se daba en otro tiempo el título pomposo de *Sistemas de la naturaleza*, nos manifiestan un admirable encadenamiento de analogías de estructura, sea en el desarrollo ya completo de estos séres, sea en las diversas fases que recorren (segun las observaciones de una *evolucion* en espiral), por una parte, las hojas, las hojas florales, la campanilla ó cáliz, la corola y los órganos fecundizadores, por otra, con mas ó menos simetría, los tejidos celulares y fibrosos de los animales, sus partes articuladas ó vagamente bosquejadas; pero todos estos pretendidos sistemas de la naturaleza, ingeniosos en sus clasificaciones, no nos hacen ver los séres distribuidos en grupos en el espacio segun sus diversas relaciones de latitud y de altura sobre el nivel del océano, segun las influencias climatéricas que esperimentan en virtud de causas generales y frecuentemente muy lejanas. El último fin de una geografía física es sin embargo, como lo hemos enunciado mas arriba, reconocer la unidad en la inmensa variedad de los fenómenos, describir, por el libre ejercicio del pensamiento y por la combinacion de las observaciones la constancia de los fenómenos en medio de sus cambios aparentes. Sí, en la esposicion de la parte terrestre del

Cosmos, se debe descender alguna vez á hechos muy especiales, no es mas que para recordar la conexion que tienen las leyes de la distribucion real de los séres en el espacio, con las leyes de la clasificacion ideal por familias naturales, por analogía de organizacion interna y de evolucion progresiva.

De estas discusiones sobre los límites de las ciencias, y en particular sobre la distincion necesaria entre la botánica descriptiva (morfologia de los vegetales) y la geografía de las plantas, resulta que, en la física del globo, la multitud innumerable de los cuerpos organizados que embellecen la creacion es mas bien considerada por *zonas de habitacion ó estaciones*, por *bandas isothermas* diversamente separadas, que por los principios de graduacion en el desarrollo del organismo interior: sin embargo, la botánica y la zoología que componen la historia natural descriptiva de los cuerpos organizados, son manantiales no menos fecundos que ofrecen materiales sin los que el estudio de las relaciones y del encadenamiento de los fenómenos careceria de un cimiento sólido.

Añadiremos una observacion importante para mayor claridad de este encadenamiento. Abrazando desde luego de un golpe de vista la vegetacion de un continente en vastos espacios, se ven las formas mas desemejantes, las gramíneas y las orquídeas, los árboles coníferos y los robles, aproximados localmente unos de otros; se ven las familias naturales y los géneros, léjos de formar asociaciones locales, dispersos como por casualidad. Esta dispersion sin embargo no es mas que aparente. La descripcion física del globo nos muestra que el conjunto de la vegetacion presenta numéricamente en el desarrollo de sus formas y de sus tipos relaciones constantes; que bajo los mismos climas las especies que faltan á un pais están remplazadas en el pais

vecino, por especies de una misma familia, y que esta *ley de las sustituciones*, que parece pertenecer á los misterios mismos del organismo, considerado este en su orígen, mantiene en regiones limítrofes la relacion numérica de las especies de tal ó cual gran familia á la masa total de las fanerógamas que componen las dos floras. Así es como se revela, en la multiplicidad de las organizaciones distintas que las pueblan, un principio de unidad, un plan primitivo de distribucion; se revela tambien bajo cada zona, diversificada segun las familias de las plantas, una accion lenta, pero contínua sobre el océano aéreo, accion que depende de la influencia de la luz, primera condicion de toda vitalidad orgánica en la superficie sólida y líquida de nuestro planeta. Diríase que á nuestra vista se renueva sin cesar, segun una bella espresion de Lavoisier, la antigua maravilla del mito de Prometeo.

Si aplicamos la marcha que pensamos seguir en la esposicion de la descripcion física de la tierra, á la parte sideral de la ciencia del Cosmos, á la descripcion de los espacios celestes y á los cuerpos que los pueblan, se simplificará estraordinariamente nuestra tarea. Segun antiguos hábitos de nomenclatura, poco conformes á observaciones filosóficas, si se quiere distinguir la *física*, es decir, las consideraciones generales sobre la esencia de la materia y las fuerzas que le imprime el movimiento, de la *química*, que se ocupa de la heterogeneidad de las sustancias, de su composicion elemental, de sus atracciones, que no están únicamente determinadas por las relaciones de las masas, es menester convenir que la descripcion de la tierra presenta acciones *físicas* y *químicas* á la vez. Al lado de la gravitacion, que se debe considerar como la fuerza primitiva de la naturaleza, obran en torno nuestro, en el interior de nuestro planeta ó en su

superficie, atracciones de otro género. Estas son las que se ejercen entre las moléculas en contacto ó separadas á distancias infinitamente pequeñas, de las fuerzas de *afinidad química*, que, diversamente modificadas por la electricidad, el calor, la condensacion en cuerpos porosos, ó el contacto de una sustancia intermedia, animan igualmente al mundo inorgánico y á los tejidos de los animales y de las plantas. Los espacios celestes no ofrecen hasta aquí á nuestra observacion directa (si esceptuamos los pequeños asteróides que se nos aparecen bajo las formas de aerólitos, de bólidas y de exhalaciones eléctricas) mas que fenómenos físicos, y entre estos, con certeza, mas que efectos dependientes de la cantidad de materia ó de la distribucion de las masas. Los fenómenos de los espacios celestes pueden, por consecuencia, mirarse como sometidos á simples leyes dinámicas, á las leyes del movimiento. Los efectos que puedan nacer de la diferencia específica, de la heterogeneidad de la materia, no son hasta aquí el objeto de los cálculos de la mecánica de los cielos.

El habitante de la tierra no entra en relacion con la materia que contienen los espacios celestes, esté diseminada ó reunida en grandes esferóides, mas que por dos vias, por fenómenos de luz (la propagacion de las ondas luminosas), ó por la influencia que ejerce la gravitacion universal (la atraccion de las masas). La existencia de acciones periódicas del sol y de la luna sobre las variaciones del magnetismo de la tierra, ha quedado hasta hoy muy dudosa. Ninguna esperiencia directa nos instruye sobre las propiedades ó cualidades específicas de las masas que circulan en los espacios celestes y sobre las de las materias que tal vez los llenan enteramente, á no ser, como acabamos de indicar, la caida de los aerólitos ó piedras meteóricas que vienen á mezclarse

á las sustancias terrestres. Basta recordar aquí, cómo su direccion y su enorme velocidad de proyeccion (velocidad verdaderamente propia de un planeta) hacen mas que probable que estas masas envueltas de vapores y llegando al estado de incandescencia, sean cuerpos celestes que la atraccion de nuestro planeta ha hecho desviar de su primitiva ruta. El aspecto, tan familiar á nuestros ojos, de estos asteróides la analogía que ofrecen con los minerales que componen, la corteza de nuestro globo, son sin duda sorprendentes; pero todo lo que se debe inferir, á mi parecer, es que en general los planetas y las otras masas que, bajo la influencia de un cuerpo central, se han aglomerado en anillos de vapores y despues en esferóides, siendo partes integrantes de un mismo sistema y teniendo un mismo orígen, pueden ofrecer tambien una asociacion de sustancias químicamente idénticas. Aun hay mas. Las esperiencias del péndulo, y particularmente las que Bessel ha hecho con tan rara precision, confirman el axioma neutoniano, que los cuerpos mas heterogéneos en su composicion (el agua, el oro, el cuarzo, el calizo granado, y diferentes masas de aerólitos) esperimentan, por la atraccion de la tierra, una aceleracion enteramente semejante. A las observaciones del péndulo se juntan pruebas suministradas por observaciones puramente astronómicas. La casi identidad de la masa de Júpiter, deducida de la accion que ejerce este gran planeta sobre sus satélites, sobre el cometa de Enke en corto periodo, y sobre los pequeños planetas (Vesta, Juno, Céres y Palas), dá igualmente la certeza que, en los límites de nuestras observaciones actuales, la atraccion está determinada por la cantidad sola de la materia.

Esta ausencia de toda percepcion de la heterogeneidad de la materia obtenida por la observacion directa ó por consi-

deraciones teóricas, dá á la mecánica de los cielos un alto grado de sencillez. Estando sometida la estension inconmensurable de los espacios celestes á la sola ciencia del movimiento, la parte sideral del Cosmos bebe en las fuentes puras y fecundas de la astronomía matemática, como la parte terrestre bebe en la de la física, de la química y de la morfologia orgánica; pero el dominio de estas tres últimas ciencias abraza fenómenos de tal modo complicados, y hasta hoy tan poco susceptibles de métodos rigorosos, que la física del globo no podria vanagloriarse aquí de esta certeza, de esta sencillez en la esposicion de los hechos y de su encadenamiento mútuo, que caracteriza la parte celeste del Cosmos. Tal vez por la diferencia que señalamos en este momento es por la que se debe esplicar por qué en los tiempos primitivos de la cultura intelectual de los griegos, la filosofía de la naturaleza de los pitagóricos se dirijió con mas ardor á los astros y á los espacios celestes que hácia la tierra y sus producciones; por qué por Filolao, y en seguida por las miras análogas de Aristarco de Samos y de Seleuco de Eritres, se ha hecho mas provechosa al conocimiento del verdadero sistema del mundo, que la filosofía de la naturaleza de la escuela jónica ha podido serlo nunca á la física de la tierra. Poco atenta á las propiedades y á las diferencias específicas de las materias que llenan los espacios, la grande escuela italiana, en su gravedad dórica, dirigia sus miradas con preferencia hácia todo lo perteneciente á las medidas, á la configuracion de los cuerpos, á las distancias de los planetas y á los números, mientras que los físicos de Jónia se paraban en las cualidades de la materia, en sus trasformaciones verdaderas ó supuestas, y en sus relaciones de origen. Estaba reservado al poderoso genio de Aristóteles, tan profundamente especulativo y práctico á la

vez, profundizar con el mismo éxito el mundo de las abstracciones y este mundo de las realidades materiales que encierra inagotables fuentes de movimiento y de vida.

Muchos tratados de geografía física, y de los mas distinguidos, ofrecen en sus introducciones una parte esclusivamente astronómica, propendiendo á que se mire desde luego la tierra en su dependencia planetaria, y como parte del gran sistema que anima el cuerpo central del sol. Esta marcha de las ideas es diametralmente opuesta á la que me propongo seguir. Para comprender bien la grandeza del Cosmos no se necesita subordinar la parte sideral, que Kant ha llamado la *historia natural del cielo*, á la parte terrestre. En el Cosmos, segun la antigua espresion de Aristarco de Samos, que preludiaba el sistema de Copérnico, el sol (con sus satélites) no es mas que una de las estrellas innumerables que llenan los espacios. La descripcion de estos espacios, la física del mundo, no puede empezar sino por los cuerpos celestes, por el trazado gráfico del universo, diré por una verdadera *carta del mundo*, tal como con atrevida mano ha osado figurarla Herschel, padre. Si á pesar de la pequeñez de nuestro planeta, lo que esclusivamente le concierne ocupa en esta obra el lugar mas considerable, y se halla desenvuelto con los mayores detalles, consiste únicamente en la desproporcion de nuestros conocimientos entre lo que es accesible á la observacion y lo que se resiste á ella. Esta subordinacion de la parte celeste á la parte terrestre se encuentra ya en la grande obra de Bernardo Varenius, que vió la luz á mediados del siglo XVII. Es el primero que distingue la geografía en *general* y *especial*, subdividiendo aquella en parte *absoluta*, es decir, propiamente *terrestre*, y en parte *relativa* ó *planetaria*, segun se mire la superficie de la tierra en sus diferentes zonas, ó

bien las relaciones de nuestro planeta con el sol y la luna. Es un hermoso título de gloria para Varenius que su *Geografía general y comparada* pudiese fijar la atencion de Newton en alto grado. El estado imperfecto de las ciencias auxiliares, de las cuales debia tomar, no podia responder á la magnitud de la empresa. Estaba reservado á nuestro tiempo y á mi patria ver trazar por Cárlos Ritter el cuadro de la geografía comparada en toda su estension y en su íntima relacion con la historia del hombre.

La enumeracion de los resultados mas importantes de las ciencias astronómicas y físicas que en el Cosmos brillan en un foco comun, legitima hasta cierto punto el título que he dado á mi obra. Tal vez es mas temerario este título que la empresa misma, circunscrita en los límites que la he puesto. La introduccion de nombres nuevos, sobre todo cuando se trata de observaciones generales, de una ciencia que debe ser accesible á todos, ha sido hasta aquí muy contraria á mis hábitos: no he añadido á la nomenclatura sino en aquellos casos en que las especialidades de la botánica y de la zoología descriptivas hacian indispensables nuevos términos objetos descritos por primera vez. Las denominaciones *Descripcion física del mundo* ó *Física del mundo*, de que me sirvo indiferentemente, están formadas sobre las de *Descripcion física de la tierra* ó *Física del globo*, es decir, *Geografía física*, hace mucho tiempo de uso corriente. Uno de los mas poderosos genios de todos los siglos, Descartes, nos ha dejado algunos fragmentos de la grande obra que pensaba publicar con el título de *Mundo*, y para la cual se habia entregado á estudios especiales, aun al de la anatomía del hombre. La espresion poco usada, pero precisa, de *Ciencia del Cosmos*, recuerda á la imaginacion del habitante de la tierra que se trata aquí de un horizonte mas vasto,

de la reunion de todo lo que llena el espacio, desde las nebulosas mas lejanas hasta la distribucion climatérica de esos ligeros tejidos de materia vegetal, que diversamente coloridos tapizan las rocas.

Bajo la influencia de limitadas miras, propias de la infancia de los pueblos, las ideas de *tierra* y de *mundo* se confundieron desde luego en el uso de todas las lenguas. Las espresiones vulgares, *Viages alrededor del mundo*, *mapamundi*, *nuevo mundo*, ofrecen ejemplos de esta confusion. Las espresiones mas precisas y mas nobles de *Sistema del mundo*, *mundo planetario*, *creacion y edad del mundo*, se refieren las unas á la totalidad de las materias que llenan los espacios celestes, y las otras al orígen del universo entero.

Parece natural que en medio de la estremada variabilidad de los fenómenos que ofrecen la superficie de nuestro globo y el océano aéreo que lo rodea, se haya admirado el hombre al aspecto de la bóveda celeste, de los movimientos reglados y uniformes del sol y de los planetas. Así la palabra *Cosmos* indicaba primitivamente, en los tiempos homéricos, las ideas de *ornamento* y de *órden* á la vez; y mas tarde ha pasado al lenguage científico. Se aplicó progresivamente á la armonía que se observa en los movimientos de los cuerpos celestes, al órden que reina en el universo entero, al mundo mismo en que se refleja este órden. Por la asercion de Filolao, de que M. Bœckh ha comentado los fragmentos con tan esquisita sagacidad, y por el testimonio general de la antigüedad entera, fué Pitágoras el primero que se sirvió de la palabra Cosmos, para designar «el órden que reina en el universo, el universo ó el mundo mismo.» De la escuela de la filosofía itálica pasó la espresion en este sentido á la lengua de los poetas de la na-

turaleza, Parménides y Empédocles, y de allí al uso de los prosadores. No discutiremos aquí cómo, segun estas mismas miras pitagóricas, distingue Filolao una vez entre el Olimpo, Urano ó el cielo, y el Cosmos; cómo la misma palabra, con un sentido de pluralidad, ha sido aplicada á ciertos cuerpos celestes (los planetas) que circulan alrededor del *foco central del mundo*, ó á grupos de estrellas. En mi obra la palabra Cosmos está empleada como prescriben el uso helénico posterior á Pitágoras y la definicion muy precisa dada en el *Tratado del mundo*, que ha sido falsamente atribuido á Aristóteles. Es el conjunto del cielo y de la tierra, de la universalidad de las cosas que componen el mundo sensible. Si los nombres de las ciencias no se hubieran apartado, mucho tiempo hace, de su verdadera significacion lingüística, la obra que publico deberia tener el título de *Cosmografía*, dividida en *Uranografía* y *Geografía*. Los romanos, imitadores de los griegos, en sus débiles ensayos de filosofía han acabado tambien por trasportar al *universo* la significacion de su *mundus*, que no indicaba primitivamente mas que el *adorno*, el *ornamento*, no el órden ó la regularidad en la disposicion de las partes. Es probable que la introduccion de este término técnico en la lengua del Latium, que la importacion de un equivalente de Cosmos segun su doble significacion se deba á Ennius, sectario de la escuela itálica, traductor de las filosofomenas pitagóricas de Epicarmo, ó de alguno de sus adeptos.

Distinguiremos desde luego entre la *historia física del mundo* y la *descripcion física del mundo*. La primera, concebida en el sentido mas general de la palabra, deberia, si existieran los materiales para escribirla, trazar las variaciones que ha esperimentado el universo en el curso de las edades, desde las estrellas nuevas que repentinamente han

aparecido y desaparecido de la bóveda del firmamento, desde las nebulosas que se disuelven ó se condensan, hasta la primera capa de vegetacion criptógama de que se cubrió, ya el globo apenas enfriada la superficie, ya un peñasco de corales levantado del seno de los mares. La *descripcion física del mundo* ofrece el cuadro de lo que coexiste en el espacio, de la accion simultánea de las fuerzas de la naturaleza y de los fenómenos que ellas producen. Pero para comprender bien la naturaleza no se podria separar enteramente, y de una manera absoluta, la consideracion del estado actual de las cosas, de la de las fases sucesivas por las cuales han pasado. No puede concebirse su esencia sin reflexionar sobre el modo de su formacion. No es solo la materia orgánica la que perpétuamente se compone y se disuelve para formar nuevas combinaciones; el globo en cada fase de su vida nos revela el misterio de sus estados anteriores.

No se puede echar una mirada sobre la corteza de nuestro planeta, sin encontrar las trazas de un mundo orgánico destruido. Las rocas de sedimento presentan una sucesion de séres que se han asociado por grupos, escluidos y remplazados mútuamente. Estos bancos superpuestos unos á otros nos descubren los faunos y las floras de diferentes épocas. En este sentido la descripcion de la naturaleza está íntimamente ligada á su historia. El geólogo no puede concebir el tiempo presente sin remontar, guiado como está por el encadenamiento de las observaciones, á millares de siglos trascurridos. Al trazar el cuadro físico del globo, vemos por decirlo así, el presente y el pasado penetrarse recíprocamente; porque sucede en el dominio de la naturaleza lo que en el dominio de las lenguas, en las cuales las investigaciones etimológicas tambien nos hacen ver un desarrollo sucesivo, nos muestran todo el estado anterior de un idio-

ma reflejado en las formas que se usan en nuestros dias. Este reflejo de lo pasado se manifiesta tanto mas en el estudio del mundo material cuanto que nacen á nuestra vista rocas de erupcion y capas sedimentarias semejantes á las de las edades anteriores. Para tomar un ejemplo palpable de las relaciones geológicas que determinan la fisonomía de un pais, recordaré aquí que las cúpulas de traquito, los cónos de basalto, las congelaciones de amygdaloide de poros prolongados y paralelos, blancos depósitos de pomez mezclados con escorias, animan, digámoslo así, el paisage por los recuerdos de lo pasado. Estas masas obran sobre la imaginacion del observador instruido, como lo harian tradiciones de un mundo anterior. La forma de las rocas y su historia.

El sentido en que los griegos y los romanos emplearon originariamente la palabra *historia*, prueba que tambien ellos tenian la conviccion íntima que, para formarse una idea completa del estado actual de las cosas, es menester considerarlas en su sucesion. No es sin embargo en la definicion dada por Verrius Flacus, sino en los escritos zoológicos de Aristóteles donde la palabra *historia* se presenta como una esposicion de los resultados de la esperiencia y de la observacion. La descripcion física del mundo de Plinio el anciano lleva el título de *Historia natural*; en las cartas de su sobrino se llamó de una manera mas noble «Historia de la naturaleza.» Los primeros historiadores entre los griegos no separaban las descripciones de los paises de la narracion de los acontecimientos de que habian sido el teatro. En ellos, la geografía física y la historia formaron una estrecha alianza; permanecieron mezcladas de una manera simple y graciosa, hasta la época en que el gran desarrollo del interés político, y la perpétua agitacion de la vida de los ciudadanos, hicieron desaparecer de la historia de los pue-

blos el elemento geográfico, para hacer desde entonces una ciencia aparte.

Queda que examinar si, por la operacion del pensamiento, se puede esperar reducir la inmensidad de los diversos fenómenos que comprende el Cosmos á la unidad de un principio, á la evidencia de las verdades racionales. En el estado actual de nuestros conocimientos empíricos, no osaremos lisongearnos con tal esperanza. Las ciencias esperimentales, fundadas sobre la observacion del mundo esterior, no pueden aspirar al complemento; la naturaleza de las cosas y la imperfeccion de nuestros órganos se oponen igualmente. Jamás se conseguirá apurar la inagotable riqueza de la naturaleza, y ninguna generacion podrá lisongearse de haber abrazado la totalidad de los fenómenos. Distribuyéndolos por grupos es como se ha logrado, en algunos de estos, descubrir el imperio de ciertas leyes de la naturaleza, sencillas y grandes como ella. La estension de este imperio aumentará sin duda á medida que las ciencias físicas se ensanchen y perfeccionen progresivamente. Brillantes ejemplos de estos progresos se han dado en nuestros dias en los fenómenos electro-magnéticos, en los que presentan la propagacion de las ondas luminosas y el calórico radiante. Del mismo modo nos hace ver, la doctrina fecunda de la evolucion, cómo en los desarrollos orgánicos, todo lo que se forma está bosquejado de antemano, cómo los tejidos de las materias vegetales y animales nacen uniformemente de la multiplicacion y de la trasformacion de las celdillas.

La generalizacion de las leyes que al principio, en círculos mas estrechos, no se habian aplicado mas que á algunos grupos aislados de fenómenos, ofrece, con el tiempo, graduaciones mas y mas marcadas; gana en estension y en

evidencia tanto cuanto el raciocinio se adhiere á fenómenos de una naturaleza realmenmente análoga; pero desde que las observaciones dinámicas no bastaron ya, en todas partes donde las propiedades específicas de la materia y su heterogeneidad están en juego, es de temer que obstinándonos en perseguir leyes, hallemos al paso abismos insuperables. El principio de unidad deja de hacerse sentir, el hilo se rompe allí donde se manifiesta, entre las fuerzas de la naturaleza, una accion de un género particular. La ley de los equivalentes y de las proporciones numéricas de composicion, tan felizmente reconocida por los químicos modernos, proclamada bajo la antigua forma de símbolos atomísticos, queda aun aislada, independiente de las leyes matemáticas del movimiento y de la gravitacion.

Las producciones de la naturaleza, objetos de la observacion directa, pueden distribuirse lógicamente por clases, por órdenes ó familias. Los cuadros de estas distribuciones esparcen, á no dudarlo, luz sobre la historia natural descriptiva; pero el estudio de los cuerpos organizados y su encadenamiento lineal, al paso que dan mas unidad y sencillez á la distribucion de los grupos, no se pueden elevar á una clasificacion fundada sobre un solo principio de composicion y de organizacion interior. Lo mismo que las leyes de la naturaleza presentan diferentes graduaciones, segun la estension de los horizontes ó de los círculos de fenómenos que abrazan, la esploracion del mundo esterior tiene tambien fases diferentemente graduadas. El empirismo empieza por observaciones aisladas que se agrupan segun su analogía y su desemejanza. Al acto de la observacion directa sucede, pero muy tarde, el deseo de esperimentar, es decir, de hacer que nazcan fenómenos bajo diferentes condiciones determinadas. El esperimentador racional no obra por ca-

sualidad; es guiado por hipótesis que se ha formado, por un presentimiento medio instintivo y mas ó menos exacto del enlace de las cosas ó de las fuerzas de la naturaleza. Lo que se ha conquistado por la observacion ó por la via de las esperiencias, conduce, por el análisis y por la induccion, al descubrimiento de leyes empíricas. Estas son las fases que la inteligencia humana ha recorrido y que han marcado diferentes épocas en la vida de los pueblos; siguiendo esta ruta es como se ha llegado á reunir esta masa de hechos que constituyen hoy la base sólida de las ciencias de la naturaleza.

Dos formas de abstraccion dominan el conjunto de nuestros conocimientos: relaciones de *cantidad*, relativas á las ideas de número ó de grandor; y relaciones de *calidad* que abrazan las propiedades específicas, la heterogeneidad de la materia. La primera de estas formas, mas accesible al ejercicio del pensamiento, pertenece al saber matemático; la otra forma, mas difícil de percibir, y mas misteriosa en apariencia, es del dominio de las ciencias químicas. Para someter los fenómenos al cálculo, se recurre á una construccion hipotética de la materia por combinacion de moléculas y de átomos, de que el número, la forma, la posicion y la polaridad deben determinar, modificar, variar los fenómenos. Los mitos de materias imponderables y de ciertas fuerzas vitales propias á cada modo de organizacion, han complicado las observaciones y esparcido una luz dudosa sobre la ruta que se ha de seguir. Bajo las condiciones y formas de intuicion tan diversas, es como se ha acumulado, al través de los siglos, la masa prodigiosa de nuestros conocimientos empíricos, y que aumenta en nuestros dias con una rapidez creciente. El genio escrutador del hombre ensaya de tiempo en tiempo y con un éxito muy desigual,

romper formas añejas, símbolos inventados para someter la materia rebelde á las construcciones mecánicas.

Aun estamos muy lejos de la época en que sea posible reducir, por las operaciones del pensamiento, á la unidad de un principio racional, todo lo que divisamos por medio de los sentidos. Aun se puede poner en duda si tal éxito en el campo de la filosofía de la naturaleza, se obtendrá alguna vez. La complicacion de los fenómenos y la estension inmensa del Cosmos, parece que se oponen; pero aun cuando el problema fuera insoluble en su conjunto, una solucion parcial, la tendencia hácia la inteligencia del mundo, no puede menos de ser el fin eterno y sublime de toda observacion de la naturaleza. Fiel al carácter de las obras que he publicado hasta aquí, como á los trabajos de medidas de esperiencias, de investigaciones de hechos que han llenado mi carrera, me limito al círculo de las concepciones empíricas.

La esposicion de un conjunto de hechos observados y combinados entre sí, no escluye el deseo de agrupar los fenómenos segun su encadenamiento racional, de generalizar lo que es susceptible de ello en la masa de las observaciones particulares y de llegar al descubrimiento de las leyes. Concepciones del universo que serian únicamente fundadas en la razon, en los principios de la filosofía especulativa, asignarian sin duda á la ciencia del Cosmos un objeto mas elevado. Estoy distante de desaprobar esfuerzos que no he intentado, porque su éxito haya permanecido hasta aquí dudoso. Contra la voluntad y los consejos de estos pensadores profundos y poderosos que han dado una vida nueva á especulaciones ya familiares á la antigüedad, los sistemas de la filosofía de la naturaleza, han alejado á los talentos en nuestra patria durante algun tiempo, de los graves estudios de las cien-

cias matemáticas y físicas. La embriaguez de pretendidas conquistas ya hechas, un lenguage nuevo caprichosamente simbólico, una predileccion en favor de las fórmulas del racionalismo escolástico mas estrechas que jamás conoció la edad media, han señalado por el abuso de las fuerzas en una juventud generosa, las cortas saturnales de una ciencia puramente ideal de la naturaleza. Repito la espresion abuso de las fuerzas, porque talentos superiores, dados á la vez á los estudios filosóficos y á las ciencias de observacion, han quedado estraños á estas saturnales. Los resultados obtenidos por sérias investigaciones en la via de la esperiencia, no podrian estar en contradiccion con una verdadera filosofía de la naturaleza. Cuando hay contradiccion está la falta, ó en el vacio de la especulacion, ó en las pretensiones exageradas del empirismo que crée haber probado por la esperiencia mucho mas de lo que realmente nos enseña.

Que se oponga la naturaleza al mundo intelectual, como si este último no estuviese comprendido en el vasto seno de esta naturaleza, ó bien que se le oponga al arte, definido como una manifestacion del poder intelectual de la humanidad, estos contrastes, reflejados en las lenguas mas cultivadas, no deben por eso conducir á un divorcio entre la naturaleza y la inteligencia, divorcio que reduciria la física del mundo á no ser mas que un conjunto de especialidades empíricas. La ciencia no empieza para el hombre hasta el momento en que el espíritu se apodera de la materia, en que trata de someter la masa de las esperiencias á combinaciones racionales. La ciencia es el talento aplicado á la naturaleza; pero el mundo esterior no existe para nosotros sino en tanto que, por la via de la intuicion lo reflejamos en nuestro interior. Lo mismo que la inteligencia y la forma de lenguage, el pensamiento y el signo, están unidos por lazos

secretos é indisolubles, tambien el mundo esterior se confunde, casi sin saberlo nosotros, con nuestras ideas y nuestros sentimientos. Los fenómenos esteriores, dice Hégel en la *Filosofía de la historia*, están en cierto modo traducidos en nuestras representaciones internas. El mundo *objetivo* discurrido por nosotros, reflejado en nosotros, está sometido á las formas eternas y necesarias de nuestro ser intelectual. La actividad del espíritu se ejerce sobre los elementos que le suministra la observacion sensible. Así, desde la juventud de la humanidad, se descubre, en la mas simple intuicion de los hechos naturales, en los primeros esfuerzos intentados para comprenderlos, el gérmen de la filosofía de la naturaleza. Estas tendencias ideales son diversas y mas ó menos fuertes, segun las individualidades de las razas, sus disposiciones morales y el grado de cultura á que se ha elevado un pueblo en medio de una naturaleza que escita la imaginacion ó la apaga tristemente.

La historia nos ha conservado la memoria del gran número de formas bajo las cuales se ha intentado concebir racionalmente el mundo entero de los fenómenos, reconocer en el universo la accion de una sola fuerza motriz que penetra la materia, la trasforma y la vivifica. Estos ensayos remontan en la antigüedad clásica, á los tratados sobre los principios de las cosas propios de la escuela jónica, tratados en que, apoyándose en un pequeño número de observaciones se osó someter el conjunto de la naturaleza á especulaciones temerarias. A medida que, por la influencia de grandes acontecimientos históricos, todas las ciencias se han desarrollado apoyándose en la observacion, se ha visto enfriar tambien el ardor que llevaba á deducir la esencia de las cosas y su conexion de construcciones puramente ideales y de principios enteramente racionales. En tiempos mas cercanos á nos-

otros, ha sido sobre todo la parte matemática de la filosofía natural la que ha recibido admirables acrecentamientos. El método y el instrumento (el análisis) se han perfeccionado á la vez. Conceptuamos que lo que se ha conquistado por medios tan diversos, por la aplicacion ingeniosa de suposiciones atomísticas, por el estudio mas general y mas íntimo de los fenómenos, y por la perfeccion de aparatos nuevos, es el bien comun de la humanidad y ya no debe hoy, como entre los antiguos, sustraerse á la libre accion del pensamiento especulativo.

No podrá negarse sin embargo que, en el trabajo de la imaginacion, los resultados de la esperiencia no hayan tenido mas de un riesgo que correr. En la vicisitud perpétua de las miras teóricas, no hay que admirarse mucho, como dice muy discretamente el autor de *Giordano Bruno*, «si la mayor parte de los hombres no ven en la filosofía mas que una sucesion de metéoros pasageros, y si las grandes formas que ha tomado participan de la suerte de los cometas, que no los coloque el pueblo entre las obras eternas y permanentes de la naturaleza, sino entre las fugitivas apariciones de vapores ígneos.» Apresurémonos á añadir que el abuso del pensamiento y las falsas vias en que se empeña, no podrán autorizar una opinion que aspiraria á deshonrar la inteligencia, es á saber, que el mundo de las ideas no es por su naturaleza mas que un mundo de fantasmas y de sueños, y que las riquezas acumuladas por laboriosas observaciones tienen, en la filosofía, un poder enemigo que las amenaza. No está bien al espíritu que caracteriza nuestro tiempo desechar con desconfianza toda generalizacion de los cálculos, todo ensayo de profundizar las cosas por la via del razonamiento y de la induccion. El desconocer la dignidad de la naturaleza humana y la importancia relativa de las faculta-

des de que estamos dotados, seria condenar, ya la razon austera que se entrega á la investigacion de las causas y de su encadenamiento, ya el vuelo de la imaginacion que preludia los descubrimientos y los suscita por su poder creador.

CUADROS DE LA NATURALEZA.

VISTA GENERAL DE LOS FENOMENOS.

Cuando el espíritu humano se remonta hasta querer dominar el mundo material, es decir, el conjunto de los fenómenos físicos, cuando intenta hacer entrar en el dominio de su pensamiento la naturaleza entera con la rica plenitud de su vida y la accion de las fuerzas libres ú ocultas que la animan, los límites de su horizonte se desvanecen en lontananza, y, desde las alturas á que se ha elevado, no le parecen ya las individualidades mas que agrupadas por masas y cubiertas con un velo de ligera bruma. Tal es el punto de vista en que queremos colocarnos para mirar al universo é intentar describir en su conjunto, la esfera de los cielos y el mundo terrestre. No me dispenso la audacia de semejante tentativa porque entre todas las formas de esposicion á las cuales se consagran estas pájinas, el ensayo de un cuadro general de la naturaleza es tanto mas difícil, que en lugar de limitarnos á describir en detalle las riquezas de sus formas tan variadas, nos proponemos pintar las grandes masas,

sea que sus contornos tengan una existencia real, sea que las divisiones resulten de la naturaleza misma de nuestras concepciones. Para que esta obra corresponda á la dignidad de la hermosa espresion de Cosmos, que significa el órden en el universo y la magnificencia en el órden, es menester que abrace y que describa el gran Todo; es menester clasificar y coordinar los fenómenos, penetrar en el juego de las fuerzas que los producen, pintar en fin, con un lengüage animado, una imágen viva de la realidad. ¡Pueda la infinita variedad de los elementos de que se compone el cuadro de la naturaleza no perjudicar á esta impresion armoniosa de calma y de unidad, último fin de toda obra literaria ó puramente artística!

Desde las profundidades del espacio ocupadas por las nebulosas mas lejanas, descenderemos por grados á esta zona de estrellas de que nuestro sistema solar hace parte; al esferóide terrestre con su tela gaseosa y líquida, con su forma, su temperatura y su tension magnética, hasta los séres dotados de la vida que la fecundadora accion de la luz desarrolla en su superficie. Sobre este cuadro del mundo, necesitaremos pintar con grandes rasgos los espacios infinitos de los cielos, y trazar el bosquejo de las microscópicas existencias del reino orgánico que se desarrollan en las aguas estancadas ó sobre las cumbres de nuestras rocas. Las riquezas de observacion que un estudio severo de la naturaleza ha sabido acumular hasta nuestra época, forman los materiales de esta vasta representacion, cuyo principal carácter debe consistir en llevar en sí misma el testimonio de su fidelidad. Pero en las condiciones sentadas por los prolegómenos, un cuadro descriptivo de la naturaleza no podria comprender los detalles y las individualidades consideradas fuera del conjunto; seria perjudicar al efecto general de es-

ta obra, querer enumerar todas las formas en que la vida se revela, todos los hechos, todas las leyes de la naturaleza. La tendencia á fraccionar indefinidamente el conjunto de nuestros conocimientos, es un escollo que el filósofo debe evitar sopena de estraviarse en la multitud de los detalles acumulados por un empirismo frecuentemente inconsiderado. Además de esto, ignoramos todavía una parte notable de las propiedades de la materia, ó, para hablar un lenguage mas conforme á la filosofía natural, nos resta que descubrir séries enteras de fenómenos dependientes de fuerzas de que no tenemos actualmente ninguna idea, y este vacío bastaria por sí solo á dejar incompleta toda representacion unitaria de la totalidad de los hechos naturales. Así es que en medio de los goces que inspira el cuadro de sus conquistas, el espíritu inquieto, poco satisfecho de lo presente, esperimenta como una especie de malestar cediendo al deseo enérgico que lo empuja incesantemente hácia las regiones de la ciencia todavía inexploradas. Estas aspiraciones de nuestra alma anudan con mas fuerza el lazo que une el mundo sensible al mundo ideal en virtud de las leyes supremas de la inteligencia; vivifican esta relacion misteriosa «de la impresion que nuestra alma recibe del mundo esterior en el acto que la refleja del seno de sus mismas profundidades.»

Además, puesto que la naturaleza tomada por el conjunto de los séres y de los fenómenos es ilimitada en cuanto á sus contornos y á su contenido, nos establece un problema que toda la capacidad humana no podria abrazar, problema insoluble, porque exije el conocimiento general de todas las fuerzas que obran en el universo. Igual confesion se puede hacer al proponerse, por único objeto de las investigaciones inmediatas, las leyes de los séres ó de sus des-

arrollos, y al ceñirse á la sola via de la esperiencia guiada por un método de induccion rigoroso. Es verdad que así se renuncia á satisfacer la tendencia que nos lleva á abrazar la naturaleza en su universalidad, y á penetrar la esencia misma de las cosas; pero la historia de las teorías generales sobre el mundo, que hemos reservado para otra parte de esta obra, prueba que la humanidad solamente puede aspirar á un conocimiento parcial, pero cada vez mas profundizado, de las leyes generales del universo. Aquí se trata, pues, de representar el conjunto de los resultados adquiridos, no pasando del punto de vista de la actualidad, tanto en la medida y en los límites, cuanto en la estension de este cuadro. Cuando se trata de los movimientos y de las trasformaciones que se efectúan en el espacio, el objeto final de nuestras investigaciones es generalmente la *determinacion numérica de los valores medios* que constituyen la espresion de las mismas leyes físicas; estos *números medios* nos representan lo que hay de constante en los fenómenos variables, lo que hay de fijo en la fluctuacion perpétua de las apariencias. Así es como los progresos actuales de la física se producen casi esclusivamente por via de medidas y de pesos, con el fin de obtener ó de corregir los valores numéricos medios de ciertos grandores. Se diria que los números, esos últimos geroglíficos que subsisten aun en nuestra escritura, constituyen de nuevo para nosotros, pero en una acepcion mucho mas amplia, lo que fueron en otros tiempos para la escuela itálica, las fuerzas mismas del Cosmos.

El sábio quiere la sencillez de estas relaciones numéricas que espresan las dimensiones del cielo visible, el grandor de los cuerpos celestes, sus perturbaciones periódicas, y los tres elementos del magnetismo terrestre, de la presion atmosférica y de la cantidad de calor que derrama el sol en

cada estacion del año sobre todos los puntos de nuestros continentes ó de nuestros mares. Pero no bastarian al poeta de la naturaleza, y menos aun á la multitud curiosa; les parece que la ciencia contemporánea ha tomado mal camino porque no responde ya sino con la duda á una porcion de cuestiones que en otro tiempo se imaginaban que podian entrar en su dominio, si bien no las declara absolutamente insolubles es menester confesarlo, bajo una forma mas severa, con límites mas estrechos, la ciencia actual está desprovista del atractivo falaz de la antigua física, cuyos dogmas y símbolos eran propios para estraviar la razon dando carrera á la imaginacion mas ardiente. Desde lo alto de las costas de las Canarias ó de las Azores, creian percibir, mucho tiempo antes del descubrimiento del Nuevo Mundo, tierras situadas al occidente. Esta era una ilusion producida, no por el juego de una refraccion estraordinaria, sino por este ardor que nos arrastra mas allá de nuestros alcances. La filosofía natural de los griegos, la física de la edad media y aun la de los últimos siglos, ofrecen mas de un ejemplo análogo de esta ilusion del espíritu que se crea, por decirlo así, fantasmas aéreos; se diria que á los límites de nuestros conocimientos, como de lo alto de las costas de las últimas islas, turbada la vista busca reposar sobre el aspecto de regiones lejanas; pues la tendencia á lo maravilloso, á lo que es sobrenatural, presta una forma determinada á cada manifestacion de esta potencia de creacion ideal de que el hombre está dotado, y el dominio de la imaginacion, donde reinan como soberanos los sueños cosmológicos, geognósticos y magnéticos hace usurpaciones constantes al de la realidad.

Bajo cualquier aspecto que se quiera considerar la naturaleza, ya sea el conjunto de los séres y de sus desarrollos sucesivos, ó bien esta fuerza interior de donde nace el mo-

vimiento, ó el tipo misterioso á que se atan todas las apariencias, la impresion que produce en nosotros tiene siempre alguna cosa de terrestre. No reconocemos ni aun nuestra patria sino allí donde empieza el reinado de la vida orgánica; como si la imágen de la naturaleza se asociase necesariamente en nuestra alma á la de la tierra, adornada de sus flores y de sus frutos, animada por las innumerables razas de animales que viven en su superficie. El aspecto del firmamento y la inmensidad de los espacios celestes, forman un cuadro donde el grandor de las masas, el número de los soles diversamente agrupados, y hasta las pálidas nebulosas, pueden muy bien escitar nuestro asombro, ó nuestra admiracion; pero nos reconocemos estrangeros á esos mundos donde reina una soledad aparente y que no pueden producir la impresion inmediata por la cual la vida orgánica nos liga á la tierra. Así, todas las concepciones físicas del hombre, aun las mas modernas, han separado siempre el cielo de la tierra como en dos regiones; una superior y otra inferior. Si pues, para pintar el cuadro de la naturaleza, se escogiera el punto de vista donde nos colocan nuestros sentidos, seria necesario empezar por el suelo que nos lleva, describir el globo terrestre, su forma y sus dimensiones, su densidad y su temperatura creciente hácia el centro; separar las capas superpuestas, tanto flúidas como sólidas; distinguir los continentes de los mares, pintar la vida orgánica desarrollando por todas partes su trama, invadiendo la superficie y poblando las profundidades; y este océano aéreo perpétuamente agitado por las corrientes, de cuyo fondo surgen, como otros tantos bajos y escollos, las altas cadenas de nuestras montañas coronadas de selvas. Despues de este cuadro, á quien solo nuestro globo habria suministrado todos los rasgos, se elevaria la vista hácia los

espacios celestes, y la tierra, que en adelante seria dominio bien conocido de la vida orgánica, se consideraria entonces como planeta; tomaria su rango entre los otros glóbos, satélites como ella, de uno de esos innumerables astros que brillan de su propia luz. Esta série de ideas señaló el camino de las primeras teorías generales que tomaron su punto de partida en nuestras sensaciones; casi recordaria la antigua concepcion de una tierra rodeada por todas partes de agua y que sostenia la bóveda celeste; empezó en el mismo lugar del observador, y partió de lo conocido para ir á lo desconocido, de lo que tenemos de cerca y estamos tocando para llegar á los límites de nuestros alcances. El método matemáticamente muy fundado es el que se sigue en la esposicion de las teorías astronómicas, cuando se pasa de los movimientos aparentes á los movimientos reales de los cuerpos celestes.

Pero si se trata de esponer el conjunto de nuestros conocimientos en lo que tienen de determinado y de positivo, ó en lo que actualmente es probable á diversos grados, sin sujetarse á desenvolver la demostracion, es menester recurrir á un órden de ideas enteramente distinto, y sobre todo renunciar á ese punto de partida terrestre, cuya importancia en la generalidad es esclusivamente relativa al hombre. La tierra no debe aparecer desde luego sino como una individualidad subordinada al conjunto de que hace parte; es menester abstenerse de disminuir el carácter de grandeza de semejante concepcion por motivos tomados en la proximidad de ciertos fenómenos particulares, en su influencia mas íntima, en su utilidad mas directa. Una descripcion física del mundo, es decir, un cuadro general de la naturaleza, debe, pues, empezar por el cielo y no por nuestra tierra; pero á medida que se estreche la esfera abrazada por

la vista, veremos aumentarse la riqueza de los detalles, veremos completarse las apariencias físicas y multiplicarse las propiedades específicas de la materia. De estas regiones, donde la sola fuerza, de que nos sea dado probar la existencia, es la de la gravitacion, descenderemos gradualmente hasta nuestro planeta, y abordaremos en fin el complicado juego de las fuerzas que reinan en su superficie. El método descriptivo que acabo de bosquejar es el inverso del que ha suministrado los materiales; el primero enumera y clasifica lo que el segundo ha demostrado.

Por sus órganos se pone el hombre en relacion con la naturaleza; la existencia de la materia en las profundidades del cielo nos es revelada por los fenómenos luminosos; así puede decirse que el ojo es el órgano de la contemplacion del universo, y el descubrimiento de la vision telescópica, que data apenas de dos siglos y medio, ha dotado á las generaciones actuales de un poder de que aun ignoran los límites.

Las primeras y mas generales consideraciones entre las que forman la ciencia del Cosmos, pertenecen al repartimiento, en los espacios, de la materia ó de la creacion, para emplear el término que sirve de ordinario para designar el conjunto actual de los séres y los desarrollos sucesivos de que contienen el gérmen. Y desde luego vemos la materia, ya condensada en globos de magnitudes y de densidades muy diversas, animados de un doble movimiento de rotacion y de traslacion, ya diseminada en el espacio en forma de nebulosidades fosforescentes.

Consideremos en primer lugar esta materia cósmica repartida en el cielo bajo formas mas ó menos determinadas, y en todos los estados posibles de agregaciones. Cuando las nebulosas aparentan débiles dimensiones, presentan el as-

pecto de pequeños discos redondos ó elípticos, ya aislados, ya dispuestos por parejas y unidos entonces alguna vez por un delgado hilo luminoso; en mas grandes diámetros toma la materia nebulosa las formas mas variadas; envia lejos, en el espacio, numerosas ramificaciones; se estiende como abanico, ó finge la figura anular en los contornos claramente distinguidos, con un espacio central oscuro. Se cree que estas nebulosas esperimentan gradualmente cambios de forma, segun que la materia, obedeciendo á las leyes de gravitacion, se condensa alrededor de uno ó de muchos centros. Cerca de 2500 de estas nebulosas, que los mas poderosos telescopios no han podido resolver en estrellas, están determinadas y clasificadas actualmente en cuanto á los lugares que ocupan en el cielo.

En presencia de este desarrollo genésico, de estas formaciones perpétuamente progresivas, de que una parte de los espacios celestes parece ser el teatro, el observador filósofo se halla conducido á establecer una analogía entre estos grandes fenómenos y los de la vida orgánica: así como vemos en nuestros bosques árboles de la misma especie que han llegado á todos los grados posibles de crecimiento, lo mismo se pueden reconocer, en la inmensidad de los campos celestes, las diversas fases de la formacion gradual de las estrellas. Esta condensacion progresiva, enseñada por Anaximeno, y, con él, por toda la escuela jónica, parece que se desenvuelve simultáneamente á nuestros ojos. Es menester reconocerlo, la tendencia casi adivinadora de estas investigaciones y de estos esfuerzos del espíritu ha ofrecido siempre á la imaginacion el atractivo mas poderoso; pero lo que debe cautivar, en el estudio de la vida y de las fuerzas que animan al universo, es mucho menos el conocimiento de los séres en su esencia, que el de la ley de su

desarrollo, es decir, la sucesion de las formas de que se revisten; porque del acto mismo de la creacion, de un orígen de las cosas considerado como la transicion de la nada al ser, ni la esperiencia ni el razonamiento podrán darnos la idea.

No se han limitado á probar en las nebulosas diversas fases de formacion por los grados de su condensacion mas ó menos marcada hácia el centro; se ha creido poder tambien deducir inmediatamente de observaciones hechas en diferentes épocas, que se han operado cambios efectivos en la nebulosa de Andrómeda, despues en la del navío Argos y en los filamentos aislados que pertenecen á la nebulosa de Orion; pero el desigual poder de los instrumentos empleados en estas diversas épocas, las variaciones de nuestra atmósfera, y otras influencias de naturaleza óptica, dejan una duda legítima sobre una parte de estos resultados, cuando se les considera como términos de comparacion legados por la historia de los cielos.

Ni las manchas nebulosas propiamente dichas, de formas tan variadas, de regiones que resplandecen con desigual brillo, y cuya materia, concentrada sin cesar en un espacio menor, acabará tal vez por condensarse en estrellas, ni las *nebulosas planetarias* que emiten, de todos los puntos de sus discos un poco óvalos, una luz suave perfectamente uniforme, deben ser confundidas con las *estrellas nebulosas*. No se trata aquí de un efecto de proyeccion puramente fortuito; lejos de esto, la materia fosforescente, la nebulosidad forma un todo con la estrella que rodea. A juzgar por su diámetro aparente frecuentemente considerable, y por la distancia en que brillan, estas dos variedades, las nebulosas planetarias y las estrellas nebulosas, deben tener enormes dimensiones. De nuevas consideraciones, estremada-

mente ingeniosas, sobre los diversos efectos que el alejamiento debe producir en el brillo de un disco luminoso de diámetro apreciable, y en el de un punto aislado, resulta que las nebulosas planetarias son probablemente estrellas nebulosas para las cuales toda diferencia de brillo entre la estrella central y la atmósfera circundante habrá desaparecido aun para el ojo armado de los mas poderosos telescopios.

Las magníficas zonas del cielo austral comprendidas entre los paralelos del 50 y del 80 grados, son las mas ricas en estrellas nebulosas y en cúmulo de nebulosidades irreductibles. De las dos nubes magallánicas que giran alrededor del polo austral, de este polo tan pobre en estrellas que presenta el aspecto de una region devastada, la mayor sobre todo parece ser, segun investigaciones recientes, «una asombrosa aglomeracion de montones esféricos de estrellas mas ó menos grande y de nebulosas irreductibles, cuyo brillo general ilumina el campo de la vision y forma como el fondo del cuadro.» El aspecto de estas nubes, la brillante constelacion del navío Argos, la via lactea, que se estiende entre el Escorpion, el Centáuro y la Cruz, y, me atrevo á decirlo, el aspecto tan pintoresco de todo el cielo austral, han producido en mi alma una impresion indéleble.

La luz zodiacal que monta por cima del horizonte como una pirámide de luz, y cuyo apacible brillo hace el ornamento eterno de las noches intertropicales, es probablemente una gran nebulosa anular girando entre la órbita de Marte y la de la Tierra; porque no se podria admitir que esta fuese la capa esterior de la atmósfera misma del sol. Además de estas nebulosidades, estas nubes luminosas con determinadas formas, hay conformidad, por observaciones exactas, en establecer la existencia de una materia infinita-

mente ténue, que no posee probablemente luz propia, pero cuya existencia se revela por la resistencia que opone al movimiento del cometa de Encke (y tal vez á los de Biela y de Faye), por la disminucion que hace esperimentar á la escentricidad y la duracion de la revolucion. Puede representarse esta materia etérea ó cósmica, flotante en el espacio, como animada de movimiento; á pesar de su tenuidad originaria, puede suponérsele sometida á las leyes de la gravitacion, y mas condensada por consecuencia en las inmediaciones de la enorme masa del sol; pudiera admitirse, en fin, que se renueva y se aumenta, hace millares de siglos, por las materias gaseiformes que las colas de los cometas dejan en el espacio.

Despues de haber examinado la variedad de formas que reviste la materia diseminada en los espacios infinitos de los cielos, ya que se estienda sin límites y sin contornos, como una especie de éter cósmico, ya que haya sido primitivamente condensada en nebulosas, es menester considerar la parte sólida de este universo, es decir, la materia aglomerada en globos á los cuales pertenecen esclusivamente las designaciones de astros ó de mundos estelarios. Aun hallamos aquí grados diversos de agregacion y de densidad, y nuestro propio sistema solar reproduce todos los términos de la série de las gravedades específicas (relacion del volúmen á la masa) que las sustancias terrestres nos han hecho familiares. Cuando se comparan los planetas, desde Mercurio hasta Marte, al Sol y á Júpiter, y estos dos últimos astros á Saturno menos denso aun, nos hallamos conducidos por una progresion descreciente, del peso específico del antimonio metálico hasta el de la miel, del agua y del abeto. Aun hay mas, la densidad de los cometas es tan débil que la luz de las estrellas los atraviesa sin ser refractada, aun

por aquella parte mas compacta que se llama habitualmente la cabeza ó la nebulosidad; tal vez la masa de ningun cometa haya llegado á la milésima quinta parte de la de la tierra. Señalemos aquí lo que hay de patente en la diversidad de los efectos producidos por las fuerzas cuya accion progresiva ha presidido desde el orígen á las aglomeraciones de la materia; desde el punto de vista general en que estamos colocados, hubiéramos podido indicar *a priori* esta variedad indefinida como un resultado posible de la accion combinada de las fuerzas generatrices; valia mas reservarse el manifestarla como un hecho real que se desenvuelve efectivamente á nuestros ojos en las regiones celestes.

Las concepciones puramente especulativas de Wright, de Kant y de Lambert, sobre la construccion general de los cielos, han sido establecidas por sir William Herschel sobre una base mas sólida, la de las observaciones y de las medidas precisas. Este grande hombre, tan atrevido y tan prudente á la vez en sus investigaciones, fué el primero que osó sondar las profundidades de los cielos para determinar los límites y la forma de la capa aislada de estrellas de que hacemos parte; fué el primero que intentó aplicar á esta zona estelaria las relaciones de grandor, de forma y de posicion que le revelaba el estudio de las nebulosas lejanas, justificando así el bello epitafio grabado sobre su tumba en Upton *Cœlorum perrupit claustra*. Lanzado como Colon á un mar desconocido, descubrió costas y archipiélagos de que dejó á las generaciones siguientes el cuidado de determinar la posicion exacta.

Ha sido menester recurrir á hipótesis mas verosímiles sobre las diversas magnitudes de las estrellas y su número relativo, es decir, sobre su acumulacion mas ó menos marcada en los espacios iguales que circunscribe el campo de un

telescopio dado, armado siempre del mismo aumento, para estimar el espesor de las capas ó de las zonas que constituyen. Así es imposible atribuir á estas estimaciones aproximadas, cuando se trata de deducir las particularidades de la estructura de los cielos, el mismo grado de certeza á que se ha llegado en el estudio de los fenómenos particulares á nuestro sistema solar, ó en la teoría de los movimientos aparentes y reales de los cuerpos celestes en general, ó en la determinacion de las revoluciones verificadas por las estrellas que componen un sistema binario alrededor de su centro comun de gravedad. Esta parte de la ciencia del Cosmos se asemeja á las épocas fabulosas ó mitológicas de la historia; las dos remontan en efecto á ese crepúsculo incierto donde vienen á perderse los orígenes de los tiempos históricos y los límites del espacio que nuestras medidas dejan ya de alcanzar; entonces la evidencia comienza á desaparecer de nuestras concepciones, y todo invita á la imaginacion á buscar en sí misma una forma y contornos determinados por estas apariencias confusas que amenazan escapársenos.

Pero volvamos á la comparacion que ya hemos indicado entre la bóveda celeste y un mar sembrado de islas y de archipiélagos; ella ayudará mejor á percibir los diversos modos de reparticion de los conjuntos aislados que forma la materia cósmica, de esas nebulosas no resolubles, condensadas alrededor de uno ó de muchos centros, llevando en sí mismas el indicio de su antigüedad; de estos montones de estrellas ó de estos grupos esporádicos distintos que presentan trazas de una formacion mas reciente. El monton de estrellas de que hacemos parte, y que podemos tambien llamar una isla en el universo, forma una capa aplastada, lenticular, aislada por todas partes; se estima que su gran-

de eje es igual á setecientas ú ochocientas veces la distancia de Sirio á la Tierra, y el pequeño eje á ciento y cincuenta de estas unidades. Para formarse una idea de la magnitud absoluta de la unidad de que se trata, puede suponerse que la paralaje de Sirio no escede á la de la brillante del Centáuro (O″, 9128); en este caso, emplearia la luz tres años en recorrer la distancia que nos separa de Sirio, segun los admirables trabajos de Bessel sobre la paralaje de la 61 del Cisne (O″, 3483), estrella cuyo movimiento propio puede estimarse, dejaba sospechar la proximidad, un rayo luminoso partido de este astro no puede llegar hasta nosotros sino despues de nueve años y un cuarto.

Nuestro monton de estrellas, cuyo espesor es relativamente débil, se divide en dos ramas sobre un tercio cerca de su estension; se cree que el sistema solar está situado escéntricamente, no lejos del punto de division, mas cerca de la region en que brilla Sirio que de la constelacion del Aguila, y casi en medio de la capa en el sentido de su espesor.

Mas arriba lo hemos dicho, juzgando sistemáticamente el cielo, contando las estrellas contenidas en el campo invariable de un telescopio dirijido sucesivamente hácia todas las regiones del espacio, es como se ha llegado á fijar el asiento de nuestro sistema solar, á determinar la forma y las dimensiones del cúmulo lenticular de estrellas de que hace parte. En efecto, si los números mas ó menos grandes de estrellas que encierran espacios iguales, varian en razon del espesor mismo de la capa en cada direccion, estos números deben dar la longitud del rayo visual, sonda atrevidamente echada en las profundidades del cielo cuando el rayo llega al fondo de la capa estelaria ó mas bien á su límite esterior, porque aquí no puede ser cuestion de alto

ni de bajo. En el sentido del grande eje, el rayo visual debe encontrar las estrellas escalonadas siguiendo esta direccion, en mucho mayor número que en ninguna otra parte; las estrellas están en efecto fuertemente condensadas en estas regiones, y como reunidas en una degradacion general que puede compararse á una polvareda luminosa. Su conjunto traza en la bóveda celeste una zona que parece la envuelve completamente. Esta zona estrecha, cuyo desigual brillo es interrumpido acá y allá por espacios oscuros, sigue, con alguna diferencia de grados, la direccion de un gran círculo de la esfera, en razon de hallarnos colocados próximos al medio de la capa de estrellas y en el plan mismo de la via lactea, que es la perspectiva. Si nuestro sistema planetario se hallase situado á una gran distancia de este cúmulo de estrellas, la via lactea ofreceria la apariencia de un anillo; á una distancia aun mayor apareceria, en un telescopio, como una nebulosa irreductible terminada por un contorno circular.

Entre todos estos astros luminosos por sí mismos, que por mucho tiempo se han reputado fijos, pero con error, porque su posicion cambia continuamente; entre estos astros que forman nuestra isla en el océano de los mundos, el Sol es el único que observaciones reales nos permiten reconocer como centro de los movimientos de un sistema secundario compuesto de planetas, de cometas y de asteróides análogas á nuestros aerólitos. Las estrellas dobles ó múltiples no podrian ser asimiladas completamente á nuestro mundo planetario, ni por la dependencia de los movimientos relativos, ni por las apariencias luminosas. A la verdad, los astros brillando con una luz propia que forman esas asociaciones binarias ó mas complexas, giran tambien alrededor de su centro comun de gravedad; arrastran tal vez

un séquito de planetas y de lunas de que nuestros telescopios no pueden revelarnos la existencia, pero el centro de sus movimientos se halla en un espacio vacío ó solamente lleno de materia cósmica, mientras que, en el sistema solar, este centro está situado en el interior de un cuerpo visible. Si, no obstante, se quisieran considerar como estrellas dobles al Sol y la Tierra, ó bien la Tierra y la Luna, si se asimilase el conjunto de los planetas á un sistema múltiple, seria menester restringir á los movimientos solos la analogía que estas denominaciones recuerdan, porque se puede admitir la universalidad de las leyes de la gravitacion, pero todo lo que tiene relacion con las apariencias luminosas deberia ser escluido de esta comparacion.

Colocados en este punto de vista general que nos habia impuesto la naturaleza misma de nuestra obra, nos es permitido mirar actualmente el sistema solar bajo un doble aspecto: estudiaremos primero, en las diversas clases que se pueden distinguir, los caractéres generales de grandor, de figura, de densidad y de situacion relativa; en seguida abordaremos las relaciones que parecen unir este conjunto á las otras partes de nuestra zona estrellada; con lo cual queda suficientemente indicado el movimiento propio del mismo Sol.

En el estado actual de la ciencia, el sistema solar se compone de once planetas principales, de diez y ocho lunas ó satélites y de millares de cometas, algunos de los cuales permanecen constantemente en los estrechos límites del mundo de los planetas: estos son los cometas planetarios. Aun pudiéramos, con toda verosimilitud, añadir al cortejo de nuestro Sol, y colocar en la esfera donde se ejerce inmediatamente su accion central, primero un anillo de materia nebulosa animado de un movimiento de rotacion; este ani-

llo está probablemente situado entre la órbita de Marte y la de Venus, ó por lo menos es cierto que se estiende mas allá de la órbita de la tierra; él es el que produce esta apariencia luminosa, de forma piramidal, conocida con el nombre de luz zodiacal; en segundo lugar, una multitud de asteróides escesivamente pequeños, cuyas órbitas cortan la de la tierra ó se apartan muy poco: por ellos es como se esplican las apariciones de exhalaciones meteóricas y las caidas de aerólitos. Cuando se consideran esas formaciones tan complexas, esos astros tan numerosos que circulan alrededor del Sol en las elipses mas ó menos escéntricas, sin tratar de esplicar, con el inmortal autor de la *Mecánica celeste*, el orígen de la mayor parte de los cometas, por porciones de materia desprendidas de las nebulosas y errando de un mundo á otro, es menester reconocer que los planetas con sus satélites no forman mas que una debilísima parte del sistema solar, si se atiende al número y no á las masas.

Se ha supuesto que los planetas telescópicos, Vesta, Juno, Céres y Palas forman una especie de grupo intermediario, y que sus órbitas, tan estrechamente entrelazadas, tan inclinadas, tan escéntricas, determinan en el espacio una zona de separacion entre los planetas interiores, Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, y la region de los planetas esteriores, Júpiter, Saturno, Urano. Estas dos regiones presentan en efecto los contrastes mas admirables. Los planetas interiores, mas aproximados al Sol, son de mediana magnitud; su densidad es considerable; giran lentamente sobre sí mismos en tiempos casi iguales (veinte y cuatro horas á corta diferencia); son poco aplastados, y, salvo la Tierra, están totalmente desprovistos de satélites: los planetas esteriores son enormemente mas gruesos y cinco veces

menos densos; su rotacion es lo menos dos veces mas rápida, su aplastamiento mas marcado; en fin, el número de sus satélites está al del grupo interior, en la relacion de diez y siete á uno, si es que Urano posea efectivamente las seis lunas que se le atribuyen.

Pero las consideraciones de donde hemos hecho resaltar los caractéres generales de estos dos grupos, no podrian estenderse con igual exactitud á cada uno de los planetas en particular; no se podria comparar así una á una, las distancias al centro comun de los movimientos con magnitudes absolutas, las densidades con el tiempo de la rotacion, las escentricidades y la inclinacion mútua de las órbitas con los grandes ejes. No conocemos enlace necesario entre los seis elementos que acabamos de enumerar y las distancias medias, ignoramos si existe entre estos diversos grandores una ley de la mecánica celeste análoga á la que une, por ejemplo, los cuadrados de los tiempos periódicos á los cúbicos de los grandes ejes. Marte está mas distante del Sol que Venus y que la Tierra; es sin embargo mas pequeño y de todos los planetas conocidos de tiempo antiguo, aquel de que menos difiere en cuanto al diámetro es el planeta menos vecino del Sol, esto es, Mercurio. Saturno es mas pequeño que Júpiter, pero es mucho mas voluminoso que Urano. Aun diremos mas, á la zona de los planetas telescópicos sucede inmediatamente Júpiter, el mas poderoso de todos los astros secundarios de nuestro sistema; y sin embargo la superficie de estos asteróides, cuyo diámetro, por su pequeñez, no nos permite determinar sus dimensiones, apenas escede de una mitad de la Francia, de Madagascar ó de Borneo. Por muy notable que pueda ser la densidad tan estraordinariamente ténue de los colosos planetarios que gravitan hácia el Sol en los confines de nuestro mundo, aun así no existe regulari-

dad en la série descreciente, puesto que Urano parece ser menos denso que Saturno, aun admitiendo la masa que le dá Lamont $\frac{1}{24,605}$, la mas débil de todas; y sin embargo de la diferencia apenas notable que se observa en las densidades del grupo de los planetas mas inmediatos al sol, hallamos, de una parte y de otra de la Tierra, á Venus y Marte, que ambos son menos densos que nuestro planeta. En cuanto á la duracion de la rotacion, disminuye incontestablemente á medida que la distancia al Sol aumenta, pero es mas grande para Marte que para la Tierra, mas grande tambien para Saturno que para Júpiter. Las mas fuertes escentricidades pertenecen á las elipses que describen Juno, Palas y Mercurio; las mas débiles son la de Venus y la de la Tierra, dos planetas que se siguen sin embargo en el órden de las distancias. Mercurio y Venus nos ofrecen precisamente el mismo contraste que los cuatro pequeños planetas, porque las escentricidades poco diferentes de Juno y de Palas son triples de la de Céres y de Vesta. Semejantes anomalías se presentan cuando se considera la inclinacion de las órbitas sobre el plan de la eclíptica, y la posicion relativa de los ejes de rotacion, elementos que influyen de otra manera muy distinta que la escentricidad sobre los climas, la largura del año y la duracion variable de los dias. Las elipses mas prolongadas, las que recorren Juno, Palas y Mercurio, son tambien las mas fuertemente inclinadas sobre la eclíptica, pero en relaciones muy diferentes: la inclinacion de la órbita de Palas, de que no se vuelve á hallar ninguna análoga mas que entre los cometas, es poco mas ó menos veinte y seis veces mas grande que la de Júpiter, mientras que la inclinacion del pequeño planeta Vesta, tan cercano de Palas, escede apenas el séxtuplo del mismo ángulo. No se ha logrado con mas éxito formar una série regular con las posiciones

de los ejes de rotacion de los cuatro ó cinco planetas respecto á los cuales ha sido determinado con exactitud este elemento. Á juzgar, por Urano, segun la posicion de los planos en que giran los dos únicos satélites que han sido reobservados recientemente, el eje de rotacion de este planeta estaria inclinado 11° apenas sobre el plan de su órbita; y Saturno se halla tambien colocado, bajo esta relacion, entre Júpiter, cuyo eje de rotacion es casi perpendicular al plan de la órbita, y Urano.

Parece resultar de la enumeracion de estas irregularidades, que el mundo de las formaciones celestes debe ser aceptado como un hecho, como un dato natural que se oculta á las especulaciones del espíritu por la ausencia de todo encadenamiento visible de causa á efecto. En otros términos, las proporciones de magnitudes absolutas y de posicion relativa de los ejes, las relaciones que existen en el sistema planetario entre las densidades, las duraciones de rotacion y las escentricidades, no nos parecen de mas necesidad en la naturaleza que la distribucion de las aguas y de las tierras en la superficie de nuestro globo, los contornos de sus continentes ó la altura de sus cadenas de montañas; nada de ley general que pueda establecerse, bajo estas diversas relaciones, en los cielos ó en las desigualdades de las capas terrestres: estos son otros tantos hechos naturales producidos por el conflicto de fuerzas múltiples que han obrado en otros tiempos en condiciones enteramente desconocidas. Asi es, que en materia de cosmogonia, atribuye el hombre al juego del acaso lo que no puede esplicar por la accion generatriz de las fuerzas que le son familiares. Si los planetas han sido formados por la condensacion progresiva de anillos de materias gaseosas, concéntricas al Sol, las densidades, las temperaturas, las tensiones magnéticas desiguales de estos

anillos esplican las diferencias actuales de forma y de grandor, lo mismo que las velocidades primitivas de rotacion, y algunas pequeñas variaciones en la direccion de los movimientos, pueden dar razon de las inclinaciones y de las escentricidades; además las atracciones de las masas y las leyes de la gravedad hicieron aquí tambien su papel lo mismo que en los sacudimientos que produjeron las irregularidades de la superficie terrestre; pero es imposible deducir del estado actual de las cosas, la série entera de las mutaciones porque han debido pasar antes de llegar á este punto. En cuanto á la ley bien conocida por la que se ha querido enlazar la distancia de los planetas al Sol, se ha probado numéricamente la inexactitud por los intérvalos que separan á Mercurio, Venus y la Tierra; por otra parte está en contradiccion manifiesta con la nocion misma de série, á causa del primer término que se supone.

Los once planetas principales que componen en la actualidad el sistema solar, están acompañados en sus movimientos por catorce planetas secundarios *lunas* ó *satélites* cuya existencia es incontestable; este último número se elevaria aun mas alto si se contasen cuatro satélites cuya realidad no está tan bien establecida. Así los planetas principales son á su vez los centros de los movimientos de sistemas subordinados. Evidentemente ha procedido la naturaleza en las formaciones celestes como en el reino de la vida orgánica, donde tan frecuentemente vemos á las clases secundarias reproducir los tipos primitivos á cuyo alrededor vienen á agruparse los animales y los vegetales. Los satélites son mas numerosos hácia las regiones estremas del mundo planetario, mas allá de las órbitas tan estrechamente unidas de lo que se llama los pequeños planetas. Pero por la parte opuesta los planetas están desprovistos de lunas, escepto la

Tierra, de quien el satélite es proporcionalmente muy grande, porque su diámetro tiene la cuarta parte del de nuestro globo, mientras que el mayor satélite conocido, la sesta luna de Saturno, es linealmente diez y siete veces mas pequeño que este último planeta. Los planetas mas apartados del Sol, los mas grandes, los menos densos y los mas aplastados, son precisamente los que poseen mas satélites; el mismo Urano no se esceptua de esta observacion bajo ningun concepto, porque su aplastamiento fijado por las nuevas investigaciones de Maedler, en $\frac{1}{10}$, escede al de todos los otros planetas. Mas en estos sistemas lejanos la diferencia entre los satélites y el astro central en cuanto á los diámetros y á las masas es mucho mas pronunciada que en el sistema análogo formado por la Tierra y la Luna cuya distancia es de 38,400 miriámetros (51,800 millas geográficas). Tambien las relaciones de densidad son enteramente diferentes, porque la densidad de la Luna es $\frac{5}{9}$ de la de la Tierra, mientras que el segundo satélite de Júpiter parece ser mas denso que su planeta central, si es permitido todavía dar entero crédito á determinaciones tan delicadas como las de las masas y las de los volúmenes de estos satélites.

Entre todos estos sistemas secundarios, al menos entre aquellos cuya teoría ofrece cierto grado de exactitud, el mas singular es seguramente el mundo de Saturno. Los casos estremos en punto á magnitudes absolutas y distancias de los satélites al planeta central, se hallan reunidos. Así el sesto y el sétimo satélite de Saturno son enormes; en el órden de los volúmenes, pasan antes de todos los de Júpiter; tal vez el sesto satélite difiera muy poco de Marte, cuyo diámetro es precisamente el doble del diámetro de nuestra luna. Al contrario, los dos satélites mas veci-

nos á Saturno que William Herschel descubrió en 1787 con ayuda de su telescopio de 40 pies, los mismos que, mas tarde, volvieron á verse con gran trabajo por John Herschel en el Cabo de Buena Esperanza, por Vico en Roma, y por Lamont en Munich; estos dos satélites son, decimos, con los de Urano, los astros mas pequeños y los mas difíciles de ver de todo nuestro sistema solar; los mas poderosos telescopios no alcanzarian sin saber elegir las circunstancias favorables. Ultimamente, los discos aparentes de todos estos satélites son estremadamente pequeños y la determinacion de sus dimensiones reales no puede obtenerse sino por medidas micrométricas, donde se encuentran á la vez todo género de dificultades; felizmente la astronomía que representa por números los movimientos de los astros, tales como aparecen á un observador colocado sobre la tierra, la astronomía calculadora en una palabra, tiene menos necesidad de conocer exactamente los volúmenes que las masas y las distancias.

De todos estos planetas secundarios, el sétimo satélite de Saturno es el que se aparta mas de su planeta central. Su distancia pasa de un tercio de millon de miriámetros; es pues décupla de la de la Luna á la Tierra. En el mundo de Júpiter, el último satélite está apartado 193,000 miriámetros; es verdad que en el de Urano llegaria esta distancia á 252,000 miriámetros, si la existencia del sesto satélite estuviera bien probada. Para acabar de poner en relieve estos singulares contrastes, comparemos actualmente el volúmen de cada planeta central á las dimensiones de la órbita en que circula su último satélite. Las distancias de los satélites estremos de Júpiter, de Saturno y de Urano, espresadas en rádios de sus planetas centrales respectivos, son entre sí como 91, 64 y 27: el sétimo satélite de Sa-

turno parece entonces apenas mas apartado del centro de Saturno que lo que está nuestra Luna del centro de la Tierra; la diferencia no es mas que $\frac{1}{15}$. El Satélite mas cercano de su planeta central es, sin contradiccion, el primer satélite de Saturno, que nos ofrece ademas el ejemplo único de una revolucion completamente entera, verificada en menos de veinticuatro horas. Su distancia, espresada en semidiámetros de Saturno, es 2,47 segun Maedler, lo que viene á ser 14,857 miriámetros; se reduciria á 8,808 miriámetros, si se contase á partir de la superficie de Saturno, y á 912 miriámetros á partir del borde esterior del anillo; bien débil es esta distancia, y se comprenderá que un viagero pueda formarse fácilmente idea, si se recuerda la asercion de un atrevido navegante, el capitan Beechey, que dijo haber recorrido 18,200 millas geográficas (13,500 miriámetros) en tres años. En fin, si en lugar de comparar entre sí las distancias absolutas, se continúa valuándolas en rádio de cada planeta central, se halla que la distancia del cuarto satélite de Júpiter al centro de este planeta, distancia que escede en realidad 4,800 miriámetros á la que hay de la Luna á la Tierra, se reduce á seis veces el semidiámetro de Júpiter, mientras que la Luna está apartada de nosotros $50\frac{1}{5}$ rádios terrestres.

Finalmente, las relaciones mútuas de los satélites y sus proporciones con el planeta central, prueban que estos mundos secundarios están sometidos á las leyes de la gravitacion que rigen los movimientos de los planetas al rededor del Sol. Del mismo modo que estos, los doce satélites de Saturno, de Júpiter y de la Tierra, se mueven de Occidente á Oriente en elipses poco diferentes del círculo; la Luna y el primer satélite de Saturno, cuya escentricidad es 0,068, son los únicos en que la órbita es mas eclíptica que la ór-

bita de Júpiter; la órbita del sesto satélite de Saturno, que ha sido para Bessel objeto de observaciones tan precisas, ofrece una escentricidad de 0,029, superior por consecuencia, á la de la Tierra. A los confines del mundo planetario, en esas regiones distantes diez y nueve rádios de la órbita terrestre, donde la fuerza central del Sol se halla ya notablemente debilitada, el sistema de los satélites de Urano, presenta anomalías verdaderamente estrañas, mientras que los otros satélites recorren como los planetas, órbitas poco inclinadas sobre el plano de la eclíptica y se mueven de Occidente á Oriente, sin esceptuar tampoco el anillo de Saturno, que se podria asimilar á una incorporacion de satélites derretidos juntos ó al menos invariablemente ligados entre sí; los satélites de Urano al contrario, se mueven del Este al Oeste en planos situados casi perpendicularmente á la eclíptica. Las observaciones que sir John Herschel ha proseguido durante muchos años, confirman perfectamente estas singularidades. Si los planetas y sus satélites han sido formados por la condensacion de las atmósferas primitivas del Sol y de los planetas principales; si estas atmósferas se han dividido sucesivamente en anillos flúidos animados de un movimiento de rotacion, es menester que se hayan producido efectos de retardacion ó de reaccion bien enérgicos, de una manera desconocida en los anillos de Urano, para que los movimientos de los satélites segundo y cuarto se hallen de esta suerte dirigidos en sentido inverso de la rotacion del planeta central.

Es sumamente probable que el tiempo de la rotacion de cada satélite al rededor de su eje, sea igual al tiempo que cada uno de estos astros emplea en hacer su revolucion sideral al rededor del planeta que escolta; de donde se deduce que el satélite debe siempre presentar la misma faz al planeta.

Realmente no podria ser rigorosa la conformidad de estos dos periodos, á causa de las desigualdades de que la revolucion sideral es periódicamente afectada; tal es la causa principal de la libracion aparente, es decir, de una especie de balance cuya amplitud, respecto á la Luna, alcanza muchos grados, tanto en longitud como en latitud. Así es como descubrimos sucesivamente un poco mas de la mitad de la superficie de nuestro satélite, estando la parte nuevamente visible, ya hácia el Este, ya hácia el Oeste del disco aparente. Estos pequeños movimientos libratorios, y otros del mismo género que se manifiestan hácia los polos, ponen mas á la vista en ciertas épocas, partes interesantes, tales como el circo de Malapert, que oculta á veces el polo austral de la Luna, las regiones árticas que rodean el cráter de Gioja, y la gran llanura parduzca, situada cerca de Endimion, cuya estension escede á la del *Mare vaporum*. Sin embargo, las $\frac{3}{7}$ de la superficie entera de la Luna se esconden á nuestra vista y permanecerán eternamente ocultas para nosotros, salvo la intervencion poco probable de nuevas fuerzas perturbadoras. La contemplacion de estas leyes admirables del mundo material, invita al espíritu á buscar alguna analogía en el mundo de la inteligencia, y entonces se piensa en esas regiones inabordables donde la naturaleza ha ocultado el misterio de sus creaciones: tambien parecian destinadas á permanecer ignoradas para siempre, y sin embargo, de siglo en siglo la naturaleza nos ha descorrido el velo de algunas partes poco importantes, en que el hombre ha podido percibir una verdad, alguna vez una ilusion mas.

Hasta aquí hemos considerado como productos de una velocidad inicial, y como reeligados entre sí por el lazo poderoso de una atraccion recíproca: primero los planetas,

despues los satélites y los anillos concéntricos en forma de arco no interrumpido, de que uno de los planetas mas distantes nos ofrece un ejemplo; nos queda aun que señalar otros cuerpos que se mueven tambien al rededor del Sol, de quien reflejan la luz, y desde luego el enjambre innumerable de los cometas. Cuando se discute segun las reglas del cálculo de las probabilidades, la reparticion uniforme de las órbitas de estos astros, los límites de sus mas cortas distancias al Sol, y la posibilidad de que se oculten á la vista de los habitantes de esta tierra, somos conducidos á asignarles un número cuya enormidad asombra á la imaginacion. Ya Képler decia con aquella vivacidad de espresion que poseia en tan alto grado: «Hay mas cometas en el cielo que peces en el océano.» Y sin embargo, el número de las órbitas calculadas hasta aquí, apenas llega á 150. Con verdad se podria decir que se valúa en seiscientos ó setecientos el número de los cometas cuya aparicion y curso á través de las constelaciones conocidas, se hallan probadas por documentos mas ó menos auténticos. Entretanto que los pueblos clásicos del occidente, los Romanos y los Griegos, se limitaban á indicar, de tiempo en tiempo, el lugar del cielo donde aparecia un cometa, sin precisar jamás nada sobre su trayectoria aparente, los Chinos, al contrario, observaban y notaban con cuidado todos estos fenómenos: sus ricos anales contienen detalles circunstanciados sobre la ruta seguida por cada cometa; estos documentos remontan á mas de cinco siglos antes de la era cristiana, y aun hoy sacan de ellos los astrónomos resultados útiles.

De todos los astros de nuestro sistema solar, los cometas, con sus colas largas á veces de muchos millones de leguas, son los que llenan los mas grandes espacios de una

menor cantidad de materia. En efecto, es imposible atribuirles una masa equivalente al $\frac{1}{5,000}$ de la masa terrestre, al menos si nos atenemos á los únicos datos que se poseen hasta ahora sobre este punto, y sin embargo el cono de materias gaseiformes que los cometas proyectan á lo lejos se ha hallado alguna vez (en 1680 y en 1811) de una longitud igual á la de una línea llevada desde la Tierra al Sol; línea inmensa que atraviesa la órbita de Mercurio y la de Venus; tambien parece que estas emanaciones han alcanzado á nuestra atmósfera, y han podido mezclarse á ella, especialmente en 1819 y en 1823.

Los cometas se presentan bajo aspectos tan diversos, particulares á los individuos mas bien que á la especie misma, que seria imprudente generalizar los hechos observados y hacer indistintamente la aplicacion á todas las apariciones de estos nublados errantes; este era el nombre que les daban ya Xenophano y Théon de Alejandría, el contemporáneo de Pappus. Los cometas telescópicos están casi siempre desprovistos de cola; se asemejan á las estrellas nebulosas de Herschel; estas son nebulosidades redondas, de una luz pálida y concentrada hácia el medio. Tal es al menos el tipo mas simple de la especie, pero nosotros no lo presentamos como tipo de un astro naciente, porque podria corresponder igualmente á astros envejecidos cuya materia se hubiera volatizado y diseminado poco á poco en el espacio. Cuando se trata de cometas mas grandes y mas visibles, se distingue la *cabeza*, el *núcleo*, y la *cola* simple ó múltiple, á la cual daban los astrónomos chinos el nombre pintoresco de escoba *(sui)*. En general, el núcleo no tiene contornos bien claros; no obstante se han visto algunos tan brillantes como las estrellas de primera ó de segunda magnitud, y aun en medio del dia, hasta en la parte del cielo mas alumbrada

por el Sol, se distinguian los núcleos de los grandes cometas que aparecieron en los años de 1402, 1532, 1577, 1744 y 1843, hechos notables de donde se podria deducir que la materia de los cometas está á veces condensada y mas apta para reflejar la luz solar. Los únicos que han presentado un disco bien terminado en los grandes telescopios de Herschel son: el cometa de 1807, descubierto en Sicilia, y el hermoso cometa de 1811; para el primero, tenia este disco 1" de diámetro aparente y 0", 77 para el segundo, lo que monta á 100 y á 79 miriámetros los diámetros reales. Los núcleos, de contornos menos claros, de los cometas de 1798 y de 1805, no tenian mas que 4 ó 5 miriámetros de diámetro. Los cometas cuya constitucion física fué mejor estudiada, y sobre todo el citado cometa de 1811, que permaneció tan largo tiempo visible, presentaron una particularidad notable: el núcleo no parecia formar cuerpo con la nebulosidad luminosa que lo rodeaba; estaba aislado enteramente por un espacio oscuro. Además, no crecia la intensidad de la luz regularmente yendo de la orilla hácia el centro de la cabeza, pero se veian zonas brillantes concéntricas, alternando con capas de una nebulosidad mas rara ó menos reverberantes, y por consecuencia mas oscuras. Ya la cola es simple, ya es doble, y en este último caso los dos ramos son ordinariamente de larguras muy desiguales (1807 y 1843); el cometa de 1744 tenia hasta una séxtupla cola, cuyos rádios estremos eran divergentes en un ángulo de 60°. La cola es recta ó curva; en este último caso, puede ser cóncava por los dos lados y en el esterior (1811), ó por un solo costado, y entonces la concavidad está vuelta hácia la region que el cometa abandona, semejante á una llama forzada á desviarse por un obstáculo. En fin, las colas están siempre opuestas al Sol y en una misma di-

reccion con una línea que uniese su nacimiento al centro de este astro. Segun Eduardo Biot, esta observacion capital habia sido hecha desde el año 837, por los astrónomos chinos; el hecho fué señalado en Europa hácia el siglo XVI, pero mas claramente por Frascastor y por Pedro Apian. Muchas de estas apariencias ópticas tan complicadas se esplican de una manera muy sencilla, en considerando las emanaciones gaseosas que los cometas proyectan á lo lejos como atmósferas de forma conoidal con cascadas múltiples.

Para hallar diferencias bien marcadas en la forma de estos astros, no es indispensable pasar de un cometa á otro, comparar los cometas desprovistos de apéndice visible al de 1618 (el 3.°), por ejemplo, cuya cola tenia 104° de longitud, porque está fuera de duda que un mismo cometa esperimenta cambios contínuos que se suceden con una rapidez admirable. Heinsius lo probó en San Petersburgo con el cometa de 1744; pero las observaciones mas exactas y las mas decisivas de estas variaciones de forma han sido hechas con el cometa de Halley, en su última reaparicion en 1835 por Besel en Kœnigsberg. Sobre esta parte del núcleo que se hallaba directamente vuelta al Sol, se divisó un apéndice luminoso, en forma de borla, cuyos rádios se encorvaban hácia atrás y volvian á confundirse con la cola; «el núcleo del cometa de Halley, con sus efluvios, se asemejaba á un cohete volador cuya cola fuera desviada y encorvada por un viento ligero.» De una noche á otra, hemos notado, Arago y yo, en el observatorio de Paris, cambios notables en esos rádios emitidos por la cabeza del cometa. El gran astrónomo de Kœnigsberg ha deducido de sus numerosas medidas y de consideraciones teóricas, «que el cono luminoso se alejaba poco á poco de la direccion del

rádio vector, en una cantidad notable, pero que volvia siempre á esta direccion para traspasarla en seguida por el lado opuesto, por consecuencia, el cono luminoso y el cuerpo del cometa de donde habia sido proyectado, debia estar animado de un movimiento de rotacion ó mas bien de oscilacion en el plano de la órbita. Estas oscilaciones no podrian esplicarse por la atraccion que el Sol ejerce sobre todos los cuerpos graves; denotan mas bien la existencia de una fuerza polar, es decir de una accion que aspirase á atraer en la direccion del Sol la estremidad de uno de los diámetros del cometa y á alejar la otra estremidad. La polaridad magnética que la Tierra posee nos ofreceria alguna cosa análoga; y si el Sol estuviera dotado de la polaridad inversa, el efecto *podria* hacerse sentir sobre la retrogradacion de los puntos equinociales.» No es aquí el lugar de dar mas ámplios desarrollos á este asunto, pero nos ha parecido que tan memorables observaciones, que tan grandiosas miras sobre los astros mas estraordinarios del sistema solar, debian hallar lugar en el ensayo de un cuadro general de la naturaleza.

En oposicion con la regla segun la cual las colas de los cometas deben aumentar á la vez de brillo y de estension en la inmediacion del perihelio, pero permaneciendo constantemente dirijidos de cara al Sol, el cometa de 1823 ha ofrecido el curioso espectáculo de una cola doble de la cual una rama estaba opuesta al Sol, mientras que la otra estaba casi dirigida hácia este astro, porque formaba con la primera un ángulo de 160°. ¿No podria acudirse, para esplicar este fenómeno escepcional, á ciertas modificaciones de la polaridad obrando sucesivamente y provocando estas dos corrientes de materia nebulosa que siguiesen despues libremente su curso? En la filosofía natural de Aristóteles se

halla una afinidad rara entre la via lactea y los fenómenos que acabamos de describir. Las innumerables estrellas de que está compuesta, formarian en el firmamento una zona candente (luminosa), que el Stagirito presenta como un inmenso cometa cuya materia se renueva sin cesar.

Las ocultaciones de estrellas por el núcleo de un cometa ó por la capa atmosférica que lo rodea inmediatamente, arrojarian una gran luz sobre la constitucion física de estos astros notables, si existieran observaciones que pudiesen convencer que la ocultacion ha sido realmente bien central; pero esta condicion se ha cumplido dificilmente, á causa de las capas concéntricas de vapores alternativamente densos y raros que rodean al núcleo, y de que ya se ha tratado. He aquí sin embargo un hecho de este género que las medidas ejecutadas por Bessel, el 29 de setiembre de 1835, han puesto fuera de duda. Una estrella de la décima magnitud se hallaba entonces á 7", 78 del centro de la cabeza del cometa de Halley, y su luz debió atravesar una parte muy espesa de la nebulosidad; así, el rádio luminoso de ningun modo se desvió de su direccion rectilínea. Una ausencia tan completa de poder refringente apenas permite admitir que la materia de los cometas sea un flúido gaseiforme. ¿Se habrá de acudir á la hipótesis de un gas casi infinitamente enrarecido, ó acaso los cometas están compuestos de moléculas independientes cuya reunion forma nubes cósmicas destituidas de la facultad de obrar sobre los rayos luminosos, así como las nubes de nuestra atmósfera, que no alteran las distancias zenithales de los astros que observamos? En cuanto á debilitarse la luz que las estrellas parecen percibir por la interposicion de la sustancia del cometa, con razon se ha atribuido al fondo iluminado sobre el cual se proyectan entonces sus imágenes.

A las investigaciones de Arago sobre la polarizacion debemos los datos mas importantes y mas decisivos sobre la la naturaleza de la luz de los cometas. Su polariscopio le ha servido para resolver los mas difíciles problemas sobre la constitucion física del Sol y sobre la de los cometas; este instrumento permite, en muchas circunstancias, decidir si un rayo de luz que llega hasta nosotros despues de haber recorrido un espacio cualquiera, es un rayo directo, un rayo reflejado ó un rayo refractado, y si el principio de luz de donde emana es un cuerpo sólido, líquido ó gaseoso. Con ayuda de este aparato, fueron analizadas simultáneamente en el observatorio de Paris, la luz de Boótes y la del gran cometa de 1819: la luz de la estrella fija se nos manifestó cual debia esperarse, es decir, como deben hacerlo rayos emitidos, bajo todas las inclinaciones y en todos los círculos azimutales posibles, por un sol que resplandece con su propio brillo; pero la luz del cometa apareció polarizada, tenia pues luz reflejada. La existencia de rayos polarizados en la luz que nos viene de los cometas no fué probada solamente por la desigualdad de brillo de dos imágenes; sino es que tenemos una prueba de ella en el contraste aun mas palpable de los colores complementarios, basado en las leyes de la polarizacion cromática de que Arago habia hecho el descubrimiento en 1811. Estas observaciones fueron renovadas, con el mismo resultado, en 1835, época de la última aparicion del cometa de Halley. Sin embargo, estos distinguidos trabajos no permiten todavía decidir si alguna parte de la luz propia de los cometas se mezcla con la luz solar que estos astros reflejan; luego he aquí una combinacion de que ciertos planetas, tal como Venus, ofrecen un ejemplo bastante probable.

Apenas es posible atribuir todas las variaciones que se han

notado en el resplandor de los cometas á sus cambios de posicion relativamente al Sol. Tambien pueden nacer de la condensacion progresiva y de las modificaciones que deben sobrevenir en el poder reverberante de las materias que los constituyen. Hevélius halló que el núcleo del cometa de 1618 disminuia en la época de su paso al perihelio, y que se dilataba á medida que el astro se alejaba del Sol. Estos hechos notables estuvieron descuidados por mucho tiempo, y Valz fué quien renovó la observacion sobre el cometa de corto periodo; el hábil astrónomo de Marsella hizo ver con qué regularidad descrece su volúmen al mismo tiempo que su radio vector, pero parece muy difícil buscar la esplicacion en la accion de un ether cósmico, mas condensado hácia el Sol, porque entonces seria menester representarse la atmósfera del cometa como una masa gaseosa impenetrable á este ether.

Gracias á las formas tan variadas de las órbitas cometarias, la astronomía solar se ha enriquecido en estos últimos tiempos, con un brillante descubrimiento. En 1819, demostró Encke la existencia de un cometa de corto periodo; este cometa jamás deja el recinto en que se mueven los planetas, y el punto de su órbita mas retirado del Sol se halla comprendido entre la region de los pequeños planetas y la de Júpiter. Su escentricidad es 0, 845 (la de Juno que es la mas fuerte de todas las escentricidades planetarias, es 0, 255). El cometa de Encke se ha visto diferentes veces sin auxilio de anteojo, especialmente en 1819 en Europa, y por Rünmker en 1822 en la Nueva-Holanda, pero siempre con dificultad. El tiempo de su revolucion es de cerca de tres años y medio. Resulta de una comparacion escrupulosa de las vueltas sucesivas al perihelio, un hecho capital, y es que los periodos comprendidos entre 1786 y 1838 han

disminuido regularmente de revolucion en revolucion; la variacion total para los cincuenta y dos años es de 1 dia y $\frac{8}{10}$. Para hacer concordar los cálculos con las observaciones, no ha bastado llevar una cuenta exacta de las perturbaciones planetarias ha sido menester tambien recurrir á una hipótesis, por otra parte muy verosimil, y suponer que los espacios celestes están llenos de una materia flúida escesivamente ténue, que acaso opone cierta resistencia á los movimientos, disminuyendo la fuerza de la tangente, y por consecuencia tambien los grandes ejes de las órbitas cometarias. El valor de la cantidad constante de esta resistencia aparece ser algo diversa antes y despues del paso del cometa por su perihelio, tal vez á causa de las variaciones de forma que esperimenta entonces esta pequeña nebulosidad, ó bien de la densidad variable de las capas formadas por el ether cósmico. Estos hechos así como las teorías á que han dado orígen, constituyen de seguro una de las partes mas interesantes de la nueva astronomía. Agréguese á esto que los cálculos de las perturbaciones del cometa de Encke han suministrado la ocasion de someter á una prueba delicada el grandor de Júpiter que tanto figura en la astronomía, y dado lugar á una disminucion sensible en el de Mercurio.

A este primer cometa de corto periodo vino á juntarse pronto un segundo (en 1826), igualmente planetario, cuyo afelio está situado mas allá de la órbita de Júpiter, pero mucho mas lejos de la de Saturno. El cometa de Biela verifica su revolucion al rededor del Sol en 6 años y $\frac{3}{4}$. Es aun mas débil que el de Encke; se mueve, como este en el mismo sentido que los planetas, mientras que el cometa de Halley es retrógrado. Este es el solo caso que se ha presentado hasta aquí de un cometa que corta la órbita terrestre, y que podria ocasionar una catástrofe por su encuentro con la

Tierra, si todavía es permitido emplear semejante término hablando de un fenómeno inaudito en la historia, y cuyas consecuencias están fuera de toda apreciacion. Verdad es que débiles masas animadas de una velocidad enorme podrian producir efectos considerables; pero despues de haber probado que es imposible atribuir al cometa de 1770 una masa igual á la cinco milésima parte de la Tierra, demuestra Laplace que puede admitirse, con cierto grado de probabilidad, que la masa *media* de los cometas es inferior con mucho á $\frac{1}{100000}$ de la Tierra (cerca de $\frac{1}{1200}$ de la masa de la Luna). Sea lo que quiera no hay que confundir el encuentro de la Tierra y del cometa de Biela, con el paso de este al través de nuestra órbita; este paso se efectuó el 29 de octubre de 1832, pero la Tierra estaba entonces situada á una distancia tal de este punto de su órbita, que necesitó un mes entero para llegar á ella.

Las órbitas de estos cometas de corto periodo se cortan tambien, y justamente se ha notado que las fuertes perturbaciones á que estos pequeños astros están sometidos, podrian muy bien causar su encuentro; si en efecto tenia lugar hácia mediado octubre, los habitantes de la tierra gozarian del maravilloso espectáculo del choque de dos cuerpos celestes, ó mas bien de una penetracion mútua, acaso de una conglutinacion que los reuniera en un solo cuerpo, y tambien pudiera ser que los viéramos disiparse completamente en el espacio. Tales consecuencias de la accion perturbadora de las masas preponderantes, ó de la situacion relativa de órbitas que siempre se han cruzado, pudieran haberse realizado frecuentemente, hace millares de siglos, en la inmensidad de los cielos; estos acontecimientos no pasarian de ser accidentes aislados sin accion sobre los grandes hechos generales, y sin mas influencia que la que pudiera

tener la erupcion ó la obliteracion de un volcan, sobre el estrecho dominio que nos ocupa.

Un tercer cometa de corto periodo ha sido descubierto por Faye, el año último (22 de noviembre de 1843), en el observatorio de Paris. Su órbita elíptica se aproxima mas á la forma circular que la de ningun otro cometa conocido; está comprendida entre la órbita de Marte y la órbita de Saturno. El cometa de Faye, que, segun los cálculos de Goldsmidt, adelanta en su afelio, á la region de Júpiter, pertenece al pequeño número de cometas cuyo perihelio está situado mas allá de la órbita de Marte. Su periodo es de siete años $\frac{20}{100}$, y la forma actual de su órbita es debida tal vez á la accion perturbadora de Júpiter, á quien este cometa estuvo muy cercano, á fines del año de 1839.

Si consideramos todos los cometas de órbitas elípticas como partes integrantes del mundo solar, y si los colocamos por el órden de sus grandes ejes y de sus escentricidades, hallaremos muchos que pueden ponerse inmediatamente despues de los tres cometas planetarios de Encke, de Biela y de Faye: primero, el cometa descubierto por Messier en 1766, que Clausen mira como idéntico al tercer cometa de 1819; despues el cuarto cometa de este último año, descubierto por Blanpain, y de quien ha señalado Clausen la analogía con el cometa directo de 1743 (este cometa habria, como el de Lexell, esperimentado fuertes perturbaciones por parte de Júpiter); sus períodos parece ser de cinco ó seis años, y sus afelios caen en la region de Júpiter. En seguida vienen los cometas cuyo período está comprendido entre setenta y setenta y seis años; estos son: el cometa de Halley, que ha representado tan importante papel para la teoría y la física del cielo; su última reaparicion (1835) fué menos brillante que las precedentes; el cometa de Ol-

bers (6 de marzo de 1815), y el que fué descubierto por Pons en 1812, y cuya órbita elíptica ha sido calculada por Encke. Estos dos últimos jamás han sido visibles á la simple vista. Actualmente conocemos nueve apariciones ciertas del gran cometa de Halley; pues cálculos recientes, de que Laugier ha tomado los elementos en la nueva tabla de los cometas estractada por Eduardo Biot, de los anales chinescos, han establecido la identidad del cometa de 1378 y el de Halley. Desde 1378 á 1835, el tiempo de la revolucion del cometa de Halley ha variado de 74,91 á 77,58 de años: el período intermedio ha sido de 76,1.

Esta clase de cometas contrasta con otro grupo de astros del mismo género, cuyo período, siempre incierto y difícil de determinar, abraza muchos millares de años. Tal es el hermoso cometa de 1811, que emplea 3000 años, segun los cálculos de Argelander, en verificar su revolucion, y el espantoso cometa de 1680, cuyo tiempo periódico escede de ochenta y ocho siglos, segun Encke. Estos astros se alejan del Sol, uno veintiuno y otro cuarenta y cuatro rádios de la órbita de Urano, es decir 6200 y 13,000 millones de miriámetros. La fuerza atractiva del Sol se ejerce, pues, aun á estas enormes distancias; pero tambien el cometa de 1680, que recorre 393 kilómetros por segundo en su perihelio, y cuya velocidad es entonces trece veces mayor que la de la Tierra, no se mueve en su afelio mas que á razon de tres metros apenas por segundo; esta es poco mas ó menos la triple velocidad de nuestros rios de Europa, y esta no es mas que la mitad de la que yo he probado en un brazo del Orinoco, el Cassiquiare. Ciertamente, entre los cometas que no se han podido calcular, y en el inmenso número de los que han pasado desapercibidos, deben hallarse varios cuyo grande eje esceda mucho al del co-

meta de 1680. Limitándonos á este último, citaremos algunos números, á fin de ayudar á la imaginacion á formarse una idea, no de la estension que abraza la esfera de atraccion de los otros soles, sino solamente de la distancia que los separa tambien del afelio ya tan retirado de este cometa. Segun las recientes determinaciones de la paralage de las estrellas mas cercanas, su distancia al Sol seria doscientas cincuenta veces mas grande que la distancia del afelio del cometa de 1680; puesto que esta última distancia equivale á cuarenta y cuatro rádios de la órbita de Urano, mientras que la de α del Centáuro contiene 11,000, y la de la 61 del Cisne, 31,000.

Despues de habernos ocupado de los casos en que los cometas se alejan mas del astro central, nos resta hablar de las mas cortas distancias que han sido medidas. El cometa de Lexell y de Burckhardt (1770), célebre á causa de las fuertes perturbaciones que esperimentó de parte de Júpiter, se aproximó á la Tierra mas que ningun otro cometa; el 28 de junio era igual su distancia á seis veces la distancia de la Luna. Este mismo cometa atravesó dos veces, segun parece (en 1767 y en 1770), el sistema de los cuatro satélites de Júpiter, sin hacer esperimentar el menor desórden á estos pequeños astros, cuyos movimientos son tan bien conocidos. La distancia del cometa de 1680 al Sol fué ocho ó nueve veces menor que la del cometa de Lexell á la Tierra; el 17 de diciembre, dia de su paso al perihelio, no era esta distancia mas que la sesta parte del diámetro solar, que viene á ser $\frac{7}{10}$ de la distancia de la Luna. En cuanto á los cometas cuyo perihelio escede á la órbita de Marte, raramente son visibles para los habitantes de la Tierra, á causa de su alejamiento. No obstante, el cometa de 1729 llegó á su perihelio en la region situada entre las órbitas de Palas

y de Júpiter; tambien se observó mas allá de este último planeta.

Despues que los conocimientos científicos, mezclados de algunas nociones imperfectas y confusas, han penetrado mas adelante en la sociedad, ha sido mayor que otras veces la preocupacion de las catástrofes de que estamos amenazados por el mundo de los cometas; pero estos temores han tomado una direccion menos vaga. La certeza de que existen en el seno mismo de nuestro mundo planetario cometas que vuelven, en cortos intérvalos, á recorrer las regiones donde la Tierra ejecuta sus movimientos; las perturbaciones considerables que Júpiter y Saturno producen en sus órbitas, perturbaciones cuyo resultado puede ser trasformar un astro indiferente en un astro temible; el cometa de Biela que atraviesa la órbita de la Tierra; este éther cósmico cuya resistencia tiende á estrechar todas las órbitas; las diferencias individuales de estos astros que dejan sospechar los grados mas diversos en la cantidad de materia de que sus núcleos están formados; tales son actualmente los motivos de nuestras aprensiones, y remplazan, por su número, los vagos terrores que han inspirado á los siglos mas remotos esas *espadas inflamadas*, esas *estrellas de cabellera* que amenazaban al mundo con un incendio universal.

Los motivos de seguridad que se han tomado del cálculo de las probabilidades se dirijen al entendimiento, ilustrado por un razonado estudio del asunto, pero no podrian producir la conviccion profunda que resulta del asentimiento de todas las fuerzas de nuestra alma; son impotentes sobre la imaginacion; y la imputacion que se ha hecho á la ciencia moderna de querer ahogar las preocupaciones que ella misma ha despertado, no carece de fundamento. Lo imprevisto, lo estraordinario, harán siempre nacer el temor, nun-

ca la alegría ni la esperanza; aquella es una secreta ley de la naturaleza humana que un investigador grave no debe desconocer. Así es que en todos los paises, en todas épocas, el aspecto estraño de un cometa, la luz pálida de su cabellera, su aparicion repentina en el firmamento, ha producido tambien en el espíritu de los pueblos el efecto de un poder temible, amenazador para el órden antiguamente establecido en la creacion; y como el fenómeno está limitado á una corta duracion, resulta la creencia de que su accion debe ser inmediata ó al menos próxima; luego los acontecimientos de este mundo ofrecen siempre en su encadenamiento un hecho que puede mirarse como la verificacion de un presagio funesto. Se diria no obstante que las tendencias populares han tomado en nuestra época otra direccion, y que se han revestido de una forma menos sombría; así es como, en los risueños valles del Rhin y del Mosela, se ha concedido á estos astros, tan largo tiempo calumniados, una influencia benéfica sobre la fecundidad de las viñas. En nuestra época abundan los cometas, y no han faltado hechos contrarios á este mito meteorológico; pero nada ha podido alterar la nueva creencia de que estos astros errantes traen calor.

Abandono ahora este asunto para pasar á otra série de fenómenos aun mas misteriosos; quiero hablar de esos pequeños asteróides cuyos fragmentos toman el nombre de *piedras meteóricas* ó de *aerólitos*, desde que han penetrado en nuestra atmósfera. Si entro aquí, como para los cometas, en detalles que pueden parecer á primera vista estraños al plan de esta obra, no es sino despues de una madura reflexion. Hemos demostrado todo lo que los caractéres distintivos de estos últimos astros tienen de variable y de individual, y cuán atrasada parece la ciencia, tan adelantada

bajo la relacion de las medidas y de los cálculos, desde que se trata de la constitucion física de los cometas; y es que en efecto apenas es posible en la actualidad discernir, en medio de este cúmulo de observaciones mas ó menos exactas, los hechos generales y esenciales de los accidentes ó de las particularidades. En este estado las cosas, hemos debido limitarnos á describir los principales caractéres físicos, lo que pudiera llamarse las diferencias de fisonomía, á comparar la duracion de las revoluciones, á señalar, en fin, las variaciones estremas, sea en las dimensiones de las órbitas, sea en las distancias á los astros mas importantes. En estos fenómenos, como en aquellos de que vamos á hablar, los tipos individuales dominan forzosamente el conjunto del cuadro; para llegar á la realidad es menester hacer resaltar mas enérgicamente los contornos.

Todo conduce á creer que las exhalaciones meteóricas, los bólidos y las piedras meteóricas son pequeños cuerpos que se mueven alrededor del Sol describiendo secciones cónicas, y obedeciendo enteramente, como los planetas, á las leyes generales de la gravitacion. Cuando estos cuerpos vienen á encontrar la Tierra, se hacen luminosos en los límites de nuestra atmósfera, y entonces frecuentemente se divisan en fragmentos, cubiertos de una capa negruzca y brillante, que caen en un estado de calefaccion mas ó menos marcado. Un análisis minucioso de las observaciones que se han podido recoger en ciertas épocas en que las exhalaciones aparecen periódicamente (en Cumaná en 1799, y en la América del Norte en 1833 y en 1834), no ha permitido considerar los bólidos y las exhalaciones como dos órdenes de fenómenos distintos; no solamente las exhalaciones están frecuentemente interpoladas de bólidos, sino tambien sus discos aparentes, sus rastras luminosas y sus

velocidades reales no ofrecen mas que diferencias de grandor y no diferencias esenciales. Mientras que se ven enormes bólidos, acompañados de humo y de detonaciones, alumbrar al cielo con una luz bastante viva para ser sensible, aun en medio del dia, bajo el ardiente sol de los trópicos, se ven tambien exhalaciones tan pequeñas que aparecen como otros tantos puntos que trazan sobre la bóveda celeste innumerables líneas fosforescentes. Pero ¿estos cuerpos brillantes, que surcan el firmamento de chispas estelarias, son todos de una misma y sola naturaleza? Esta es una cuestion que es menester dejar actualmente sin respuesta. Volví de las zonas equinociales bajo esta impresion, que en las ardientes llanuras de los trópicos, como á 405 mil metros sobre el nivel del mar, las exhalaciones son mas frecuentes, coloridas con mas riqueza que en las zonas frias ó templadas; pero en la pureza y en la admirable trasparencia de la atmósfera de estas regiones, es donde hay que buscar la causa; allí penetra mas fácilmente nuestra vista las capas de aire que nos rodean. Tambien es á la pureza del cielo de Bokhara á quien sir Alejandro Burnes atribuye «el magnífico espectáculo, sin cesar renaciente, de las exhalaciones de colores variados» que pudo admirar.

Al fenómeno brillante de los bólidos vienen á adherirse las caidas de piedras meteóricas que llegan á sumirse á veces en el suelo hasta 3 y 5 metros de profundidad. Esta dependencia mútua está establecida por numerosos hechos, y sobre todo por las observaciones muy exactas que se poseen sobre los aerólitos que cayeron en Barbotan en el departamento de las Landas (24 de julio de 1790), en Siene (16 de junio de 1794), en Weston en el Connecticut (14 de diciembre de 1807), y en Juvenas, departamento del Ardeche (15 de junio de 1821). Estos fenómenos se presen-

tan tambien bajo un aspecto muy diferente: primero una pequeña nube muy oscura aparece repentinamente en un cielo sereno; despues, en medio de esplosiones que se asemejan al estampido de un cañon, se precipitan al suelo las masas meteóricas. Alguna vez se han visto á estas nubes recorrer regiones enteras y sembrar la superficie de millares de fragmentos muy desiguales, y de naturaleza identica.

Tambien se ve, pero mas raramente, caer los aerólitos de un cielo perfectamente puro, sin formacion prévia de ninguna nube precursora; este caso se presentó hace algunos meses (16 de setiembre de 1843), cuando cayó el grande aerólito, con un estrépito semejante al del rayo, en Kleimwenden, no lejos de Mulhouse. En fin, los hechos establecen una analogía íntima entre las exhalaciones y los bólidos que despiden á la tierra piedras meteóricas; porque sucede frecuentemente que estos bólidos apenas llegan á las dimensiones de las estrellitas de nuestros fuegos artificiales.

¿Cuál es aquí la fuerza productora? ¿cuáles son las acciones físicas ó químicas que están en juego en estos fenómenos? ¿Las moléculas de que se componen estas piedras meteóricas tan compactas, estaban originariamente en el resplandor gaseoso ó simplemente diseminadas como en los cometas, y se han condensado en el interior del meteoro en el momento mismo en que empezaron á brillar á nuestros ojos? ¿Qué sucede en esas nubes negras donde truena minutos enteros antes de precipitarse los aerólitos? ¿Se ha de creer que esas exhalaciones dejan caer tambien alguna materia compacta, ó solamente una especie de niebla, de polvo meteórico formado de hierro y de niquel? Estas cuestiones están todavía envueltas en una oscuridad profunda. Se

ha medido la espantosa rapidez, la velocidad enteramente planetaria de las exhalaciones, de los bólidos y de los aerólitos; se conoce el fenómeno en lo que ofrece de general, se ha podido probar una cierta uniformidad en las apariencias; pero los antecedentes cósmicos, las trasmutaciones originarias de la sustancia permanecen completamente ignoradas.

Si las piedras meteóricas circulan en el espacio, ya formadas en masas compactas (de una densidad mas débil sin embargo que la densidad media de la Tierra), es menester admitir que no forman mas que un pequeño núcleo, rodeado de gas ó de vapores inflamables, en esos enormes bólidos cuyos diámetros reales, deducidos de las alturas y de los diámetros aparentes, se han hallado ser de 160 y de 850 metros. Las mas grandes masas meteóricas que conocemos son las de Bahia en el Brasil, y la de Otumpa, en el Chaco, que Rubi de Celis ha descrito; no tienen mas que dos metros y dos metros y medio de longitud. La piedra de Ægos-Potamos, mencionada ya en la crónica de Paros y tan célebre en la antigüedad, cayó hácia la época del nacimiento de Sócrates; segun la descripcion que nos ha quedado, era tan gruesa como una doble piedra de molino; y su peso como el de la carga entera de un carro. A pesar de las tentativas que el viagero Browne hizo inútilmente para descubrirla, no renunció á la esperanza de que un dia se pueda hallar, pues aunque hay mas de 2300 años que cayó, no me parece admisible la destruccion de esta masa meteórica. Es tanto mas fundada esta esperanza cuanto que la Tracia es en la actualidad mas accesible que nunca á los europeos. Al principio del décimo siglo cayó un aerólito colosal en el rio de Narni, y, segun un documento descubierto por Pertz, sobrepujaba mas de vara y tercia (medida castellana) al

nivel de las aguas. Es menester notar aquí que todas estas masas meteóricas antiguas ó modernas, deben considerarse como los principales fragmentos del núcleo que se ha roto con esplosion, sea en el bólido inflamado sea en la nube oscura. Pero cuando considero la enorme velocidad, matemáticamente demostrada, con que las piedras meteóricas se precipitan de las capas estremas de la atmósfera hasta el suelo, y la corta duracion de su travesía, no puedo resolverme á creer que un espacio tan pequeño de tiempo haya bastado á condensar una materia gaseiforme en un núcleo sólido, metálico, con incrustaciones perfectamente formadas de cristales de olivina, de labrador y de pyroxeno.

Ultimamente, todas estas masas meteóricas poseen un carácter comun, cualesquiera que sean las diferencias de su constitucion química interna; presentan un aspecto bien pronunciado de fragmento, y frecuentemente una forma prismática ó piramidal con remate truncado, fases anchas y un poco curvas y ángulos redondos. Luego, ¿de dónde puede provenir en estos cuerpos que circulan en medio del espacio, como los planetas, esa forma fragmentaria señalada desde luego por Schreibers? Confesémoslo aquí, como en la esfera de la vida orgánica todo lo que se liga á los períodos de formacion está rodeado de oscuridad.

Las masas meteóricas empiezan á brillar ó á inflamarse en alturas donde reina ya un vacío casi absoluto. A la verdad, las nuevas investigaciones que se deben á Biot sobre el importante fenómeno de los crepúsculos, rebajan considerablemente esta línea que ordinariamente se llama, y tal vez con demasiado atrevimiento, el límite de nuestra atmósfera; por otra parte, los fenómenos luminosos pueden producirse independientemente de la presencia del gas oxígeno, y Poisson se inclina á creer que los aerólitos se infla-

man mucho mas allá de las últimas capas de nuestra cubierta gaseosa. Pero esta parte de la ciencia, como la que se ocupa de los otros cuerpos mas grandes de que se compone el sistema solar, no ofrece base sólida á nuestros raciocinios y á nuestras investigaciones, sino donde el cálculo y las medidas geométricas pueden aplicarse.

Ya en 1686 consideraba Halley como un fenómeno cósmico el gran meteoro que apareció en aquella ápoca, y cuyo movimiento se efectuaba en sentido inverso del de la Tierra. Pero es á Chladni, á quien pertenece el mérito de haber sido el primero que reconoció, en toda generalidad, la naturaleza del movimiento de los bólidos, y sus relaciones con las piedras que parecen caer de la atmósfera. Mas tarde, los trabajos de Denison Olmsted, en Newhaven (Massachussets), confirmaron de una manera brillante la hipótesi que asigna á estos fenómenos un orígen cósmico. Cuando la aparicion de las exhalaciones meteórieas en la noche del 12 al 13 de noviembre de 1833, época que despues se hizo tan célebre, mostró Olmsted que, segun el testimonio de todos los observadores, los bólidos, así como las exhalaciones meteóricas parecian llevar direcciones divergentes desde un mismo y solo punto de la bóveda celeste, situado cerca de la estrella γ y de la constelacion del Leon; este punto será constantemente el punto comun de divergencia de los meteoros, aunque el azimut y la altura aparente de la estrella hubiesen variado notablemente mientras la larga duracion de las observaciones. Una independencia tal del movimiento de rotacion de la Tierra, prueba que estos meteoros venian de regiones situadas fuera de nuestra atmósfera, y que antes de llegar á ella recorren los espacios celestes. Segun los cálculos de Enche, basados sobre el conjunto de las observaciones que se hicieron en los Estados-Uni-

dos de América, entre las latitudes de 35° y de 40°, el punto del espacio de donde todos estos meteoros parecian divergentes, era precisamente aquel hácia el cual se dirigia en aquella época el movimiento de la Tierra. Las apariciones de noviembre se reprodujeron en 1834 y en 1837, y todas fueron observadas en América; la de 1838 lo fué en Brema: estas observaciones probaron de nuevo el paralelismo general de las trayectorias, así como su direccion comun hácia el punto del cielo opuesto á la constelacion del Leon. Como las exhalaciones periódicas afectan una direccion paralela, mas generalmente que las exhalaciones esporádicas, se ha creido notar en 1839, en la aparicion del mes de agosto (las lágrimas de San Lorenzo) que los meteoros venian, en la mayor parte, de algun punto situado entre Perseo y el Toro, punto hácia el cual la tierra dirigia entonces su curso. Ciertamente que un fenómeno tan notable como es la direccion retrógrada de todas estas órbitas en noviembre y en agosto, merece fijarse ó invalidarse por medio de observaciones las mas exactas que en lo sucesivo puedan practicarse.

Nada es mas variable que la altura de las exhalaciones; es decir, de la porcion visible de su trayectoría; oscila entre 3 y 26 miriámetros. Este importante resultado, así como un conocimiento mas exacto de la enorme velocidad de estos problemáticos asteróides, se debe á las observaciones simultáneas de Brandes y de Bencenberg, y á las medidas de paralaje que hicieron con el auxilio de una base de 15,000 metros de longitud. Su velocidad relativa es de 4 1|2 á 9 millas por segundo; es pues del órden de la que anima á los planetas. Esta velocidad verdaderamente planetaria, de los bólidos y de las exhalaciones, y la direccion bien probada de los movimientos en sentido inverso del de

la Tierra, han sido sucesivamente los principales argumentos que de ordinario se oponen á la hipótesi que atribuye el orígen de los aerólitos á pretendidos volcanes lunares todavia en actividad. Luego, cuando se trata de un pequeño astro desprovisto de atmósfera, toda suposicion numérica sobre la energía de las fuerzas volcánicas es arbitraria por su naturaleza, y nada impide admitir una reaccion del interior contra la capa esterior cien veces mas enérgica, por ejemplo, que en nuestros volcanes actuales. Se puede aun esplicar cómo masas, lanzadas por un satélite cuyo movimiento se efectúa del Oeste al Este, pueden parecernos animadas de un movimiento retrógado: basta para esto que la Tierra llegue mas tarde que estos proyectiles á la parte de su órbita que ellos hayan atravesado. Pero si se considera el conjunto de los hechos que he debido enumerar, á fin de evitar la tacha que se pone á las teorías aventuradas, se halla que la hipótesi del orígen selenítico de estos meteoros supone un concurso de circunstancias numerosas, de que solo la casualidad podria traer la realizacion. Es mas sencillo admitir la existencia de pequeñas masas planetarias, circulando desde el orígen en los espacios celestes, y esta hipótesi está mas conforme con las ideas aceptadas ya sobre la formacion de nuestro sistema solar.

Es muy probable que estas masas cósmicas pasen en gran número por la inmediacion de nuestra atmósfera y continúen su curso al rededor del Sol, sin haber esperimentado otro efecto de la atraccion del globo terrestre, que una modificacion en la escentricidad de su órbita; sin duda no los volveremos á ver sino despues de muchos años, y cuando hayan verificado cierto número de revoluciones. Por lo que hace á los meteoros ascendentes, que Chladni, mucho menos inspirado esta vez, esplicaba por la reaccion de las

capas de aire violentamente comprimidas durante una caida rápida, pudo verse desde luego, en estos fenómenos, el efecto de una fuerza misteriosa que propenderia á lanzar estos cuerpos lejos de la tierra; pero Bessel ha demostrado que tales hechos serian teóricamente inadmisibles; despues, apoyándose en los cálculos ejecutados por Feldt con el mayor cuidado, ha probado que la realidad de estos pretendidos hechos se desvanece, aun en las observaciones que parecen establecerla, si se tienen en cuenta errores inherentes á la apreciacion simultánea, hecha por dos observadores separados, de la desaparicion de una misma exhalacion meteórica; así, esta ascension de los meteoros no debe ser considerada hasta aquí como un resultado de la observacion. Olbers pensaba que los bólidos inflamados podian estallar y lanzar verticalmente fragmentos á modo de los cohetes; creia que este rompimiento alteraria, en ciertos casos, la direccion de sus trayectorias; pero estas miras deben ser objeto de nuevas observaciones.

Las exhalaciones caen unas veces raras y aisladas, y otras por enjambres y á millares. Estas últimas apariciones, que los escritores árabes han comparado á una bandada de langosta, son periódicas y siguen direcciones generalmente paralelas. Las mas célebres son las del 12 al 14 de noviembre y la del 10 de agosto, dia de San Lorenzo, cuyas lágrimas ardientes parece haber sido en otro tiempo, en Inglaterra, el símbolo tradicional de la vuelta periódica de estos meteoros. Ya Klœden, en Potsdam, habia señalado, en la noche del 12 al 13 de noviembre de 1823, la aparicion de una multitud de exhalaciones y de bólidos de todos tamaños; en 1832 se vió el mismo fenómeno en toda Europa, desde Portsmouth hasta Orenburg, en las orillas del Oural, y aun en la Isla de Francia, en el hemisferio

austral. Sin embargo, la idea de que ciertos dias del año estan afectados de estos grandes fenómenos, no nació hasta 1833, en ocasion del enorme enjambre de exhalaciones que Olmsted y Palmer observaron en América la noche del 12 al 13 de noviembre; entonces caian como copos de nieve; en un solo paraje, durante nueve horas de observacion se contaron mas de 240,000. Palmer remonta á la aparicion de los meteoros de 1799, que fué descrita por Ellicot y por mí; resultó de la comprobacion que hice de todas las observaciones de aquella época, que la aparicion habia sido simultánea para los lugares situados en el Nuevo Continente, desde el Ecuador hasta New-Herrnhut, en la Groenlandia (latitud 64° 14'), entre 46° y 82° de longitud. Se reconoció con admiracion, la identidad de las dos épocas. Este flujo de meteoros que surcaron el firmamento entero del 12 al 13 de noviembre de 1833, y que se percibieron desde la Jamaica hasta Boston (lat. 40° 21'), se reprodujo en 1834, en la noche del 13 al 14 de noviembre en los Estados-Unidos de América; pero el fenómeno tuvo entonces poca menor intensidad. Desde aquella época, su periodicidad se confirmó en Europa de la manera mas regular.

La aparicion de San Lorenzo (9—14 de agosto), segunda lluvia de exhalaciones meteóricas, procedió con la misma regularidad que la primera. A mediados del último siglo, habia ya señalado Musschenbroek la frecuencia de los meteoros que aparecen en el mes de agosto; pero Quetelet, Olbers y Benzenberg, fueron los primeros que esperimentaron la periodicidad de estas apariciones, y fijaron la época del dia de San Lorenzo. Sin duda nos reserva el porvenir el descubrimiento de otras épocas análogas, afectadas igualmente á las vueltas periódicas de estos fenóme-

nos, tales son, acaso, la del 22 al 25 de abril, la del 6 al 12 de diciembre, y, como consecuencia de las investigaciones de Capocci, las fechas del 27 al 29 de noviembre ó el 17 de julio.

Estos fenómenos ha parecido hasta aquí que se producen en una independencia completa de todas las circunstancias locales, tales como la altura del polo, la temperatura de la atmósfera, etc. Sin embargo, su aparicion es frecuentemente acompañada de otro fenómeno meteorológico, y, aunque esta coincidencia pueda ser un simple juego de casualidad, tal vez no sea inoportuno señalarlos. Una aurora boreal muy intensa acompañaba la mas magnífica aparicion de exhalaciones que se conoce, la del 12 al 13 de noviembre de 1833, cuya descripcion debemos á Olmsted; en Brema, en 1838, hubo la misma conformidad de los dos fenómenos; con todo, la caida periódica de las exhalaciones fué menos notable que en Richmond, cerca de Londres. He señalado en otro escrito la nota del almirante Wrangel, y tuve frecuentes ocasiones de oirle á él mismo confirmar esta singular observacion: cuando su viaje á las costas siberianas del mar Glacial, vió el almirante, en un cielo resplandeciente con las luces de una aurora boreal, ciertas partes que habian quedado oscuras encenderse de repente cuando eran atravesadas por una exhalacion, y conservar en seguida su resplandor rojizo.

Estos millares de asteróides constituyen sin duda, diversas corrientes que vienen á cortar la órbita terrestre como hace el cometa de Biela. Prosiguiendo esta idea, puede imaginarse que su conjunto forma un anillo contínuo en el interior del cual siguen una direccion comun. Ya los pequeños planetas, situados entre Marte y Júpiter, escepto Palas, nos ofrecen relaciones análogas en sus órbitas tan

estrechamente entrelazadas. Pero si se trata de la teoría misma de estos anillos, es menester confesar que bastantes puntos quedan aun por decidir: por ejemplo, ¿las épocas de estas apariciones esperimentan variacion; los retardos que sufren y que he señalado hace mucho tiempo, provienen de una retrogradacion regular ó de una simple mudanza oscilatoria de la línea de los nudos, es decir, de la línea de interseccion del plano de la órbita terrestre con el plano del anillo? Tal vez estos pequeños astros estan agrupados con mucha irregularidad, tal vez sus distancias mútuas son muy desiguales, y su zona tiene una anchura tan considerable, que necesitaria la Tierra dias enteros para atravesarla. El mundo de los satélites de Saturno, nos presenta ya un grupo de una inmensa anchura formado de astros íntimamente ligados entre sí. La órbita que recorre el último satélite, el sétimo, es tan vasta, que la Tierra en su movimiento al rededor del Sol, emplea tres dias en recorrer un espacio igual al diámetro de esta órbita. Supongamos ahora que estos anillos, que consideramos como formados de las corrientes periódicas de exhalaciones, en lugar de ser homogéneos, no contienen mas que un pequeño número de partes en que los grupos sean bastante densos para dar lugar á una de esas grandes apariciones, y se comprenderá por qué los brillantes fenómenos del mes de noviembre en 1799 y en 1833, se reproducen tan rara vez. Olbers habia hallado, en sus profundas meditaciones sobre este dificil asunto, algunas razones de anunciar para la época del 12 al 14 de noviembre de 1867 la primera vuelta de este gran fenómeno, en que las exhalaciones, mezcladas de bólidos, caen del cielo como copos de nieve.

Alguna vez la aparicion de noviembre no ha sido visible mas que por algunas partes muy limitadas de la superficie

terrestre. Por ejemplo, en 1837, fué brillante en Inglaterra, y se comparaba á un chubasco de meteoros (*meteoric shower*), mientras que en Braunsberg, en Prusia, un observador muy ejercitado y laborioso no vió, durante esta misma noche, mas que un pequeño número de exhalaciones aisladas; sin embargo, el cielo permaneció constantemente sereno, y la observacion empezada desde las siete de la noche, se prolongó hasta la salida del Sol. Bessel ha deducido de estos hechos que un grupo poco estendido de los asteróides de que se compone el anillo, ha podido llegar á la region terrestre hácia el punto en que la Inglaterra está situada, mientras que las regiones mas orientales atravesaban una parte del anillo mucho menos rica comparativamente. Si la hipótesi de una retrogradacion regular ó de una simple oscilacion de la línea de los nudos tomaba consistencia, los documentos antiguos se harian objeto de un interés especial. Tales son los anales chinos, donde se halla entre las noticias cometográficas muchos datos relativos á apariciones de meteoros que remontan á épocas anteriores á las de Tyrteo ó de la segunda guerra Messeniaca. Citemos, entre otras, dos apariciones que tuvieron lugar en el mes de marzo, y de las cuales data una de 687 años antes de la era cristiana. Eduardo Biot lo ha notado: entre las cincuenta y dos apariciones que ha recogido en los anales chinos, las que se verificaron del 20 al 22 de julio (antiguo estilo) son las mas frecuentes; bien pudieran corresponder á la aparicion actual del dia de San Lorenzo, que de esta manera se habria adelantado. Boguslawki, hijo, ha descubierto en los anales de la iglesia de Praga (*Benessis de Horowic Chronicon Ecclesiæ Pragensis*), una aparicion de exhalaciones, en fecha de 21 de octubre de 1366 (antiguo estilo); si esta aparicion que fué entonces

visible en medio del dia, corresponde al fenómeno actual del mes de noviembre, se puede deducir de la precesion en 477 años, que el sistema entero de los meteoros ó mas bien que su centro de gravedad describe, con un movimiento retrógrado, una órbita al rededor del Sol. En fin, resulta de las teorías desenvueltas mas arriba, que si se encuentran años en que las dos apariciones de agosto y de noviembre faltan á la vez sobre toda la superficie de la tierra, es menester buscar la causa, ya en una interrupcion del anillo, en los intervalos que dejarian entre sí los grupos sucesivos de asteróides, ya como quiere Poisson, en las acciones planetarias cuyo efecto seria modificar la forma y situacion del anillo.

Lo hemos dicho, esas masas sólidas que caen del cielo á la tierra son lanzadas por los bólidos inflamados que se ven durante la noche; por el dia, y sobre todo en un cielo sereno, se les ve caer con estruendo del seno de una nube sombría; entonces estan fuertemente recalentadas, pero no candentes. Luego cualquiera que sea su orígen, llevan estas masas en general, un carácter comun que es imposible desconocer; cualquiera que sea la fecha de su caida, en cualquier lugar del globo que se hayan recogido, son las mismas las formas esteriores, las propiedades físicas de la costra, y los modos de agregacion química de sus elementos. Una paridad de aspecto y de constitucion tan palpable, no se ha ocultado á los observadores; pero cuando se busca en los individuos, se encuentran tambien notables escepciones. Compárense los aerólitos de que Pallas ha hecho mencion, la masa de hierro maleable de Hradschina en el comitàto de Agram, y la de las riberas del Sisim, en el gobierno de Ieniscisk, ó mas bien las que he referido de Méjico, y que todas contienen 96 por 100 de hierro, con

los aerólitos de Sena, donde apenas se halla $\frac{2}{100}$ de este metal, con los de Alais, de Jonzac y de Juvenas, que todos estan desprovistos de hierro metálico, y que se reducen á una mezcla de que el mineralogista puede distinguir los elementos enteramente separados ya en cristales, ¿es posible concebir una oposicion mas palpable? Tambien ha sido menester distinguir estas masas cósmicas en dos clases, la de los hierros meteóricos combinados con el niquel, y la de las piedras de granos finos ó groseros. Otro carácter particular á los aerólitos, es el aspecto de su costra esterior, cuyo espesor nunca escede de algunos décimos de milímetros; el lustre de la superficie se asemeja al de la pez; tambien se ven alguna vez venas ó ramificaciones muy marcadas. Uno solo, que yo sepa, hace escepcion bajo este concepto; y es el aerólito de Chantonnay (Vendée), cuyos poros y entumecencias constituyen, como en el aerólito de Juvenas, una segunda singularidad casi tan rara como la primera. En todos los otros la costra negra es distinta del resto de la masa de un gris bastante claro, y la línea de separacion es enteramente tan tersa, como en el pedrusco de granito blanco de soroque negro ó gris de plomo, que he referido de las cataratas del Orinoco, y que se halla en otras muchas cataratas, en las del Nilo y del rio Congo, por ejemplo. El fuego mas violento de nuestros hornos de porcelana no produciria nada análogo á esta costra, tan claramente distinta de la masa de los aerólitos cuyo interior no ha esperimentado ninguna alteracion. A la verdad algunos hechos parece que indican en estos fragmentos meteóricos una especie de reblandecimiento; pero en general, el modo de agregacion en sus partes, la ausencia de aplastamiento despues de la caida y el poco calor que poseen en este instante, no permiten admitir que su masa in-

terior haya estado en fusion durante el corto tránsito que han recorrido, desde los límites de la atmósfera hasta la superficie de la tierra.

Se hallan en estos cuerpos, cuyo análisis químico ha sido tan bien hecho por Berzelius, los mismos elementos que vemos esparcidos en la superficie de la tierra, y son ocho metales: el hierro, el niquel, el cobalto, la manganesa, el cromo, el cobre, el arsénico y el estaño: despues cinco tierras en fin, la potasa, la sosa, el azufre, el fósforo y el carbon; esta es la tercera parte del número de los cuerpos simples actualmente conocidos. Aunque esten formados de los mismos elementos químicos que las especies minerales de nuestras montañas y de nuestras llanuras, no presentan menos las masas meteóricas, en la manera con que estos elementos estan combinados, un carácter enteramente distinto, un aspecto estraño á nuestro globo. El hierro en el estado nativo que se encuentra en casi todos los aerólitos, les imprime tambien un sello especial, mas no se podria atribuir el tipo esclusivo á la Luna; ¿pues qué razon hay para que otros astros no estuviesen como ella, desprovistos de agua, y privados de esas reacciones químicas de donde nace la oxidacion? En cuanto á esas vesículas gelatinosas, en cuanto á esas masas orgánicas semejantes á la *tremella nostoc*, que se han mirado desde la edad media, como un producto cósmico, resíduo de las exhalaciones; en cuanto á esas pyritas de Sterlitamak (al Oeste del Ural), que pasaban por núcleos de pedrisco, es menester clasificarlas entre los mitos de la metereologia. Los aerólitos de testura fina y granada, compuestos de olivina, de augita y de labrador, son, segun las observaciones de Gustavo Rose, los únicos que se aproximan á nuestros minerales (tal es el aerólito de Juvenas, muy semejante á la

dolerita); contienen en efecto sustancias cristalinas que se hallan en la corteza terrestre; y aun en el hierro meteórico de Siberia, citado por Pallas, la olivina no se distingue de la olivina ordinaria sino por la ausencia del niquel, al cual se ha sustituido el óxido de estaño. Si se recuerda que la olivina meteórica contiene, como nuestros basaltos, 47 ó 49 por 100 de magnesia, y que forma mas de la mitad de las partes terrosas de los aerólitos, segun Berzelius, no causará admiracion la gran cantidad de silicatos de magnesia que se halla en estas masas cósmicas. Y pues que el aerólito de Juvenas encierra cristales separables de augita y de labrador, puede deducirse del análisis de las piedras meteóricas de Château-Renard, de Blansko y de Chantonnay, que la primera es probablemente una diorita compuesta de hornblenda y de albita, y que las otras dos son combinaciones de hornblenda y de labrador. Pero estas analogías me parecen muy débiles argumentos para citarlos en favor del orígen terrestre ó atmosférico que se ha querido asignar á los aerólitos. ¿Por qué, y aquí podré recordar la célebre plática de Newton y de Conduit en Kensington, por qué, digo, los elementos que forman un mismo grupo de astros, un mismo sistema planetario, no habrán de ser en gran parte idénticos? ¿De qué manera se ha de admitir como principio la heterogeneidad de los planetas, en presencia del bello sistema que esplica su génesis, por la condensacion gradual de anillos gaseosos que la atmósfera solar hubiera sucesivamente abandonado? En mi opinion, estamos tan poco autorizados para atribuir esclusivamente al niquel, al hierro, á la olivina ó al pyrógeno (augita) de los aerólitos, la calificacion de sustancias terrestres, como yo podria estarlo en designar, por ejemplo, como especies europeas de la flora asiática, esas plantas alemanas que he

encontrado mas allá del Oby. Y si los astros de un mismo sistema se componen de los mismos elementos, ¿cómo dejar de admitir que estos elementos, sometidos á las leyes de una atraccion mútua, puedan combinarse en relaciones determinadas, y dar orígen, ora á las cúpulas resplandecientes de nieve ó de hielo que cubren las regiones polares de Marte, ora en otros astros, á las pequeñas masas meteóricas que encierran, como los minerales de nuestras montañas, cristales de olivina, augita y labrador? Jamás debe entregarse nada á lo arbitrario, y hasta en el dominio de las conjeturas es menester que el espíritu sepa dejarse guiar por la induccion.

En ciertas épocas se oscurece el disco del Sol momentáneamente, y su luz se debilita hasta tal punto, que se ven las estrellas en medio del dia. Un fenómeno de este género, que no puede esplicarse ni por nieblas, ni por cenizas volcánicas, tuvo lugar en 1547, hácia la época de la fatal batalla de Mühlberg y duró tres dias enteros. Kepler quiso buscar la causa, primero en la interposicion de una *materia comética*, y despues en una nube negra que emanaciones fuliginosas salidas del cuerpo mismo del Sol, hubieran contribuido á formar. Chladni y Schnurrer atribuian al paso de masas meteóricas delante del disco del Sol, los fenómenos análogos de los años 1090 y 1203, que fueron de mas corta duracion, el primero por espacio de tres horas, y el segundo por el de seis solamente. Desde que las exhalaciones estan consideradas como formando un anillo contínuo, situado en el sentido de su direccion comun, se ha notado una singular coincidencia entre las vueltas periódicas de las lluvias de meteoros y las manifestaciones de los misteriosos fenómenos de que acabamos de hablar. Ingeniosas investigaciones, una discusion profunda

de todos los hechos conocidos, condujeron tambien á Adolfo Erman á señalar dos épocas del año en que esta coincidencia se ha manifestado de una manera palpable, el 7 de febrero y el 12 de mayo. Luego la primera de estas dos fechas corresponde á la conjuncion de las exhalaciones que están en el mes de agosto en oposicion con el Sol; la segunda corresponde á la conjuncion de los asteróides de noviembre y á los famosos *dias frios* de las creencias populares (San Mamerto, San Pancracio y San Servais).

Los filósofos griegos que se conoce fueron poco inclinados á la observacion, pero tan ardientes y tan fecundos en sistemas, cuando se trataba de esplicar los fenómenos que no habian hecho mas que entrever, nos han dejado, sobre las exhalaciones y los aerólitos, apuntes muy cercanos á las ideas que se aceptan generalmente hoy sobre el orígen cósmico de estos meteoros. «Algunos filósofos piensan, dice Plutarco en la vida de Lysander, que las exhalaciones no provienen de partes desprendidas de éther que vinieran á apagarse en el aire, inmediatamente despues de haberse inflamado; ni nacen tampoco de la combustion del aire que se disuelve, en gran cantidad, en las regiones superiores; mas bien son *cuerpos celestes que caen*, es decir, que sustraidos de cierta manera á la fuerza de rotacion general, son precipitados en seguida, irregularmente, no solo sobre las regiones habitadas de la Tierra, sino tambien en el océano, y en esto consiste el no volverlos á hallar.» Diógenes de Apolonia se espresa en términos todavía mas claros: entre las estrellas visibles, se mueven tambien estrellas invisibles, á las cuales, por consecuencia, no se les ha podido dar nombre. Estas caen frecuentemente sobre la Tierra y se apagan como aquella *estrella de piedra*, que cayó enteramente encendida cerca de Ægos Potamos.» Sin duda se halla-

ha inspirado el filósofo de Apolonia de una doctrina mas antigua, puesto que creia tambien que los astros eran semejantes á la piedra pómez. En efecto, Anaxágoras de Clazomenes se figuraba todos los cuerpos celestes «como fragmentos de rocas que el ether, por la fuerza de su movimiento giratorio, habria arrancado á la Tierra, inflamados y trasformados en estrellas». Así, la escuela jónica colocaba, con Diógenes de Apolonia, los aerólitos y los astros en una misma y sola clase; les asignaba un mismo orígen terrestre, pero solo en el sentido de que la Tierra como cuerpo central, hubiera suministrado la materia de todos los que la rodean, lo mismo que nuestras ideas actuales hacen nacer el sistema planetario de la atmósfera primitivamente dilatada de otro cuerpo central, el Sol. Es menester cuidar de no confundir estas ideas con lo que se llama comunmente el orígen terrestre ó atmosférico de los aerólitos, ó con aquella singular opinion de Aristóteles, que no veia en la enorme masa de Ægos Potamos mas que una piedra arrebatada por un huracan.

Hay una disposicion de espíritu mas perjudicial aun que la credulidad desnuda de toda crítica; y es una arrogante incredulidad que desprecia los hechos sin dignarse profundizarlos. Estas dos estravagancias del espíritu ponen un obstáculo á los progresos de la ciencia. En vano, hace veinticinco siglos, hablaban los anales de los pueblos de piedras caidas del cielo; á pesar de tantos hechos apoyados en testimonios oculares, irrecusables, tales como esos betyles (1) que hicieron tan gran papel en el culto de los meteoros entre los antiguos; ese aerólito que los compañeros de Cortés

(1) Bœtyle, piedras informes adoradas en Oriente como imágenes de los dioses. *Dicc. de Boiste, en la palabra Betyle. Idem de Beschevelle, en la misma palabra.* (N. del T. español.)

vieron en Cholula, y que habia caido sobre la pirámide inmediata; esas masas de hierro meteórico de que los califas y los príncipes mongoles se hicieron forjar hojas de sable; esos hombres muertos por piedras caidas del cielo: uñ fraile en Cremona el 4 de setiembre de 1511, otro monje en Milan, en 1650, dos marineros suecos heridos en su navío en 1674; á pesar de tantas pruebas acumuladas, un fenómeno cósmico de esta importancia se echó en olvido, y sus íntimas relaciones con el mundo planetario quedaron ignoradas hasta el tiempo de Chladni, ilustrado ya por su descubrimiento de las líneas nodales. Pero hoy es imposible contemplar con ojo indiferente las magníficas apariciones de las noches de noviembre y de agosto; diré mas, uno solo de estos rápidos meteoros bastaria muchas veces para dar orígen á sérias meditaciones. Si vemos ese movimiento que surge de repente en medio de la calma de la noche, y que perturba por un instante el resplandor suave de la bóveda estrellada; si seguimos con la vista al meteoro que cae, trazando en el firmamento una luminosa trayectoria ¿no hemos de pensar al mismo tiempo en esos espacios infinitos por todas partes llenos de materia vivificados por el mismo movimiento? ¿Qué importa la estremada pequeñez de esos meteoros en un sistema en que se hallan al lado del enorme volúmen del Sol, átomos tales como Céres, tales como el primer satélite de Saturno? Qué importa su súbita desaparicion, cuando un fenómeno de otro órden, la extincion de esas estrellas que brillaron de repente en Casiopea, en el Cisne y en el Serpentario, nos ha forzado ya á admitir que es posible la existencia en los espacios celestes, de otros astros distintos de los que vemos siempre. Al presente lo sabemos, las exhalaciones son agregaciones de materia, verdaderos asteróides que circulan al rededor del Sol, que atraviesan, como

los cometas, las órbitas de los grandes planetas, y que brillan cerca de nuestra atmósfera ó al menos en sus últimas capas.

Aislados en nuestro planeta, de todas las partes de la creacion que no comprenden los límites de nuestra atmósfera, no estamos en comunicacion con los cuerpos celestes, sino por el intermedio de los rayos tan íntimamente unidos de la luz y del calor, y por esta misteriosa atraccion que las masas lejanas ejercen, en razon de su masa, sobre nuestro globo, sobre nuestros mares y aun sobre las capas de aire que nos rodean. Pero si los aerólitos y las exhalaciones son realmente asteróides planetarios, el modo de comunicacion cambia de naturaleza, se hace mas directo, se materializa en cierto modo. En efecto, ya no se trata aquí de esos cuerpos lejanos cuya accion sobre la tierra se limita á producir las vibraciones luminosas y caloríficas, ó á producir tambien movimientos, segun las leyes de una gravitacion recíproca; se trata de cuerpos materiales que, abandonando los espacios celestes, atraviesan nuestra atmósfera, y vienen á chocar con la tierra de que hacen parte en adelante. Tal es el solo acontecimiento cósmico que puede poner á nuestro planeta en contacto con las otras partes del universo. Acostumbrados como estamos á no conocer los séres colocados fuera de nuestro globo sino por medio de las medidas, del cálculo y del raciocinio, nos admiramos de poder tocarlos ahora, pesarlos y analizarlos. Así es como la ciencia pone en juego en nuestra alma los secretos resortes de la imaginacion y las fuerzas vivas del espíritu, cuando el vulgo no ve, en estos fenómenos, mas que chispas que se encienden y se apagan, y en esas piedras negruzcas, caidas con estrépito del seno de las nubes, mas que el producto grosero de una convulsion de la naturaleza.

Si esos enjambres de asteróides, de que nos hemos ocupado mucho tiempo, como de un asunto predilecto, se aproximan á los cometas por la pequeñez de sus masas y por la multiplicidad de sus órbitas, difieren sin embargo, de una manera esencial, por el solo hecho de que no brillan y no se hacen visibles para nosotros sino en el instante que atraviesan la esfera de accion de nuestro globo. Pero el estudio de estos meteoros no completa todavía el cuadro de nuestro sistema planetario, tan complexo, tan rico en formas variadas, desde el descubrimiento de los pequeños planetas, de los cometas interiores de corto periodo, y de los asteróides meteóricos; nos resta hablar del anillo de materia cósmica al cual se atribuye la luz zodiacal, ya citada muchas veces en el curso de esta obra. Cualquiera que haya pasado años enteros en la zona de las palmeras, conservará toda su vida un dulce recuerdo de aquella pirámide de luz que alumbra una parte de las noches siempre iguales de los trópicos. La he visto tan brillante como la via láctea en el Sagitario, no solamente sobre las cimas de los Andes, en esas alturas de 3,000, ó de 4,000 metros, donde el aire es tan puro y tan raro, sino tambien en los inmensos *llanos* de Venezuela, y á la orilla del mar, bajo el cielo siempre sereno de Cumaná. Alguna vez sin embargo se proyecta una pequeña nube sobre la luz zodiacal y forma una contraposicion pintoresca en el fondo luminoso del cielo; entonces se presenta hermosísimo el fenómeno. Este juego de la atmósfera se halla señalado en mi diario de viage, cuando pasé de Lima á la costa occidental de Méjico: «Hace tres ó cuatro noches (por 10.° y 14.° de latitud setentrional), que percibo la luz zodiacal con una magnificencia enteramente nueva para mí. El resplandor de las estrellas y de las nebulosas puede hacer creer que, en esta parte del mar del Sud,

la trasparencia de la atmósfera es estraordinaria. Del 14 al 19 de marzo, muy regularmente tres cuartos de hora despues de ponerse el Sol, era imposible divisar la menor traza de la luz zodiacal, y sin embargo la oscuridad era completa. Una hora despues de puesto el Sol, aparecia de repente con un gran resplandor, entre Aldebaran y las Pleyades; el 18 de marzo llegó á 39° 5' de altura. Cerca del horizonte, á un lado y á otro, se estendian pequeñas nubes prolongadas que se desprendian sobre un fondo amarillo; mas alto, otras nubes diapreaban el azul del cielo con sus colores variables; se hubiera dicho que era ponerse el Sol segunda vez. Entonces, hácia esta parte de la bóveda celeste, aumentaba la claridad de la noche hasta igualar casi á la del cuarto creciente de la Luna. A las diez ya estaba muy debilitada la luz zodiacal, y á media noche apenas veia una traza en esta parte del mar del Sud. El 16 de marzo, en el momento en que brillaba con su mas vivo resplandor, se descubria en el Oriente una débil reverberacion.» De otro modó sucede en nuestros climas del Norte, en esas regiones brumosas que se llaman templadas: la luz zodiacal no es visible de una manera clara, sino al principio de la primavera, despues del crepúsculo de la tarde, por cima del horizonte occidental; y hácia el fin del otoño, á el Oriente, antes del crepúsculo de la mañana.

Apenas se comprende que un fenómeno tan notable no haya llamado la atencion de los físicos y de los astrónomos, antes de mediado el siglo XVII, y que no lo percibieran los árabes que tanto observaron en la antigua Bactriana, en las orillas del Eufrates y en el mediodia de España. En fin, el tardío descubrimiento de las dos nebulosas de Andrómeda y de Orion, que Simon Marius y Huyghens describieron los primeros, no es menos admirable. En la *Bri-*

tannia Baconica de Childrey, en 1661, es donde se halla la primera descripcion bien clara de la luz zodiacal; la primera observacion puede remontar á dos ó tres años antes; pero á Dominico Cassini pertenece el mérito incontestable de haber sido el primero que sometió el fenómeno á un exámen profundo (en la primavera de 1683). En cuanto á la luz que vió en Bolonia en 1668, y que tambien vió, en la misma época, el célebre viagero Chardin (los astrólogos de la corte de Ispahan no lo habian notado antes; la llamaban *nyzek*, pequeña lanza), no era esta la luz zodiacal, como tantas veces se ha supuesto; era la enorme cola de un cometa cuya cabeza estaba oculta bajo el horizonte, y que debia presentar una grande analogía de aspecto y de posicion con el largo cometa de 1843. Pero es imposible no reconocer la luz zodiacal en la brillante claridad que se vió en 1509, durante cuarenta noches consecutivas, montar como una pirámide por cima del horizonte oriental de la llanura mejicana: en un manuscrito de los antiguas Aztecas perteneciente á la Biblioteca real de Paris *(Codex Telleriano-Remensis)*; he descubierto la memoria de este curioso fenómeno.

Así, la luz zodiacal ha existido en todos tiempos, aunque su descubrimiento no remonte, en Europa, mas que á Childrey y á Dominico Cassini. Se ha querido atribuirla á una cierta atmósfera del Sol; pero esta esplicacion es inadmisible, porque, segun las leyes de la mecánica, el aplanamiento de esta atmósfera no puede esceder al de un esferóide cuyos ejes estuvieran en la relacion de 2 á 3; por consecuencia, sus capas estremas no pueden estenderse mas allá de los $\frac{9}{20}$ de rádio de la órbita de Mercurio. Estas mismas leyes fijan tambien los límites ecuatoriales de la atmósfera de un cuerpo celeste girando sobre sí mismo, al punto en que la gravedad se halla equilibrada con la fuerza centrífuga;

allí solamente, el tiempo de la revolucion de un satélite seria igual al tiempo de la rotacion del astro central. Esta limitacion tan reducida de la atmósfera *actual* de nuestro Sol se hace palpable sobre todo cuando se la compara á la de las estrellas nebulosas. Herschel ha hallado muchas cuyo diámetro aparente llega á 150"; luego, admitiendo para estos astros una paralaje un poco inferior á 1", se halla que la distancia de la estrella central á las últimas capas de la nebulosidad equivale á 150 rádios de la órbita terrestre. Si, pues, una de estas estrellas nebulosas ocupára el lugar dé nuestro Sol, no solamente comprendería su atmósfera la órbita de Urano, sino que se estenderia aun ocho veces mas léjos.

Así, la atmósfera solar está encerrada en límites mucho mas estrechos que aquellas en que se estiende la luz zodiacal. Este fenómeno se esplica mejor si se supone que existe entre la órbita de Venus y la de Marte un anillo muy aplastado, formado de materias nebulosas y girando libremente en los espacios celestes. Tal vez este anillo no deje de tener relacion con la materia cósmica que se cree mas condensada en las regiones cercanas al Sol; tal vez se aumente sin cesar con las nebulosidades que dejan en el espacio las colas de los cometas; es tan difícil decidir sobre esto, como asignar las verdaderas dimensiones del anillo, dimensiones variables sin duda, pues á veces parece comprendido todo entero en la órbita de la Tierra. Las partículas de las nebulosidades de que se compone este anillo pueden ser luminosas por sí mismas, ó solamente reflejar la luz del Sol. La primera suposicion no parece inadmisible; podria citarse, en efecto, la notable niebla de 1783, que en medio de la noche, en época de la luna nueva, producia una luz fosfórica bastante intensa para alumbrar los objetos y hacerlos

claramente visibles, aun á distancia de 200 metros.

En las regiones tropicales de la América del Sud, las variaciones de intensidad de la luz zodiacal han escitado frecuentemente mi admiracion. Como yo pasaba entonces las noches al aire libre, durante meses enteros, á la orilla de los rios ó en los *llanos*, tuve frecuentes ocasiones de observar el fenómeno con cuidado. Cuando la luz zodiacal habia llegado á su máximum de intensidad, sucedia algunos minutos despues que se debilitaba notablemente y en seguida recuperaba repentinamente su brillo primitivo. Jamás he visto, como pretende Mairan, coloracion rojiza, ni arco inferior oscuro, ni aun centelleo; pero he notado muchas veces que la pirámide luminosa era atravesada por una rápida ondulacion. ¿Se han de creer cambios reales en el anillo nebuloso? ¿O no es mas probable que en el momento mismo en que, cerca del suelo, mis instrumentos meteorológicos no indicaban variacion alguna de temperatura ó de humedad en las regiones inferiores de la atmósfera, se operaban sin embargo sin mi noticia, en las capas mas elevadas, condensaciones capaces de modificar la trasparencia del aire, ó mas bien su poder reflexivo? Observaciones de una naturaleza enteramente distinta justificarian en caso de necesidad que se recurriera á causas de naturaleza meteorológica, que obran en el límite de la atmósfera; en efecto, Olbers ha señalado «los cambios de brillo que se propagan, en algunos segundos, como pulsaciones, de una punta á otra de la cola de un cometa, y que ya aumentan, ya disminuyen la estension de muchos grados. Luego las diversas partes de una cola larga de algunos millones de leguas, están muy desigualmente distantes de la tierra; y por consecuencia la propagacion gradual de la luz no nos permitiria percibir, en tan corto intérvalo de tiempo, los cam-

bios verdaderos que pudieran sobrevenir en un astro que ocupa tan vasta estension.»

Esto no obstante, hay que advertir que estas observaciones no contradicen de ningun modo la realidad de las variaciones que se han notado en las colas de los cometas, ni aun tienen por objeto el negar que los cambios de brillo tan repentinos á que está sujeta la luz zodiacal, puedan tener su orígen, bien sea en un movimiento molecular que se produce en el interior del anillo nebuloso, bien en una alteracion súbita de su poder reverberante; solo he querido distinguir, en estos fenómenos, la parte que vuelve á incorporarse con la misma sustancia cósmica, de aquella que se debe restituir á nuestra atmósfera, como conducto forzoso de todas nuestras percepciones luminosas. En cuanto á lo que pasa en aquel límite superior de la atmósfera, límite sobre el cual tanto se ha controvertido con otros motivos, existen hechos bien observados que nos muestran cuán difícil es dar cuenta de ello de un modo satisfactorio. Por ejemplo, las noches de 1831, tan maravillosamente claras en Italia y en el norte de Alemania, que se podian leer á media noche los caractéres mas menudos, están en contradiccion manifiesta con todo lo que las investigaciones mas modernas y científicas han podido enseñarnos acerca de la teoría de los crepúsculos y de la altura de la atmósfera. Los fenómenos luminosos dependen de condiciones poco conocidas, cuyas variaciones imprevistas nos causan admiracion, ora se trate de la altura de los crepúsculos, ora de la luz zodiacal.

Hasta de presente hemos considerado lo que pertenece á nuestro Sol, el mundo de las formaciones que esperimentan su accion reguladora, es decir, los planetas, los satélites, los cometas de corto y largo período, los asteróides

meteóricos aislados ó reunidos en anillo contínuo, este anillo nebuloso en fin, al cual su posicion en los espacios planetarios autoriza á conservar el nombre de luz zodiacal. Por todas partes reina la *ley de la periodicidad* en los movimientos, cualquiera que sea la velocidad ó el volúmen; los únicos asteróides que atraviesan nuestra atmósfera pueden ser detenidos en medio de sus revoluciones planetarias y absorbidos por un gran planeta. En este inmenso sistema, en que la fuerza de atraccion del cuerpo central determina los límites, se ven obligados los cometas, aun á distancia igual á 44 rádios de la órbita de Urano, á volver al punto de partida, á recorrer una órbita cerrada; y hasta en estos cometas que se nos aparecen bajo el aspecto de una nube cósmica, cuanto mas débil es la masa, mas retiene el núcleo, en virtud de su atraccion, las últimas partículas de una cola larga de muchos millones de leguas. Así las fuerzas centrales son á la vez las que constituyen y las que mantienen un sistema.

El Sol puede ser considerado como inmóvil con relacion á los astros grandes ó pequeños, densos ó nebulosos, que verifican alrededor de él sus revoluciones periódicas; en realidad gira el mismo alrededor del centro de gravedad de todo el sistema, y este punto está situado de ordinario en el interior mismo del Sol, á pesar de los cambios que sobrevienen sin cesar en las posiciones respectivas de los planetas. Pero el movimiento progresivo que trasporta en el espacio al Sol, ó mas bien el centro de gravedad del sistema solar, es de una naturaleza diferente; es tal la velocidad, que la mudanza relativa del Sol y de la 61 del Cisne alcanza, segun Bessel, á 619,000 miriámetros por dia. Nada sabríamos de este movimiento de traslacion del sistema solar, si la admirable exactitud de los instrumentos de

medida que posee actualmente la astronomía, y los progresos de sus métodos de observacion, no hubieran llegado á hacer sensibles las pequeñas mudanzas de que las estrellas nos parecen afectadas, semejantes en esto á los objetos situados sobre una orilla movil en apariencia. El movimiento propio de la 61 del Cisne es sin embargo bastante considerable para producir en setecientos años una mudanza de 1° entero.

A pesar de las dificultades inherentes á la determinacion de los movimientos propios de las estrellas (se llaman así los cambios que sobrevienen en sus posiciones relativas), es aun mas fácil medirlos con precision que asignar la causa. Despues de haber tenido en cuenta la aberracion producida por la propagacion sucesiva de los rayos luminosos, y de la pequeña paralaje que proviene del movimiento de la tierra alrededor del Sol, las mudanzas observadas contienen tambien los movimientos reales de las estrellas, combinados con los movimientos aparentes que ha debido dar orígen á la traslacion general de todo el sistema solar. Los astrónomos han conseguido separar estos dos elementos; gracias á la exactitud con que se conoce hoy la direccion del movimiento propio de ciertas estrellas, y por esta consideracion muy ingeniosa, tomada de las leyes de la perspectiva: si las estrellas fueran absolutamente inmóviles, deberian tambien aparentar que se movian apartándose del punto hácia el cual dirige el Sol su curso. Resulta, en último análisis, de estos trabajos en que el cálculo de las probabilidades representa un papel importante, que las estrellas y el sistema solar están á la vez en movimiento en el espacio. Por investigaciones efectuadas sobre un plan mas vasto y mas perfecto que el de W. Herschel y de Prevost, ha probado Argelander que el Sol se dirije actual-

mente háeia un punto situado en la constelacion de Hércules, á 257° 49', 7 de ascension recta, y á 28° 49' 7 de declinacion boreal (equin. de 1792,5); este resultado importante está fundado en la combinacion de los movimientos propios de 537 estrellas. Se conciben todas las dificultades que han debido presentar estas delicadas investigaciones en que se trata de distinguir los movimientos reales de los movimientos aparentes y de hacer la parte del sistema solar.

Si se consideran los movimientos propios de las estrellas, independientes de todo efecto de perspectiva, se halla un gran número cuyas direcciones están opuestas por grupos: los datos actuales están bien lejos de establecer la necesidad de admitir que todas las partes de nuestro cúmulo de estrellas, que todas las de las otras zonas estrelladas de que está lleno el universo, deben moverse alrededor de un gran cuerpo desconocido, brillante ú oscuro. Sin duda semejante hipótesi es de naturaleza que agrada á la imaginacion y á la incesante actividad del espíritu humano, siempre ardiente en proseguir las últimas causas. El Stagirita ha dicho ya: «Todo lo que es movido supone un motor; el encadenamiento de las causas no tendria fin, si no existiera un primer motor inmóvil.»

Pero el estudio de estos movimientos estelarios que no son paralácticos, independientes de la mudanza de lugar del observador, ha abierto á la actividad humana un campo de investigaciones en que puede ejercitarse libremente, sin lanzarse á las concepciones vagas, en el mundo sin límites de las analogías. Me refiero á las estrellas dobles, cuyos movimientos lentos ó rápidos se ejecutan en órbitas elípticas, segun las leyes de la gravitacion, dando así una prueba irrecusable de que estas leyes no son especiales á nuestro sistema solar, sino que reinan hasta en las regio-

nes mas lejanas de la creacion. Débese tambien esta bella y sólida conquista de la astronomía á los progresos recientes de los métodos de observacion y de cálculo. El número de estos sistemas binarios ó múltiples, cuyos astros que los componen circulan alrededor de un centro de gravedad comun, puede con justa razon escitar la admiracion (escedia de 2800 en 1837); pero lo que coloca sobre todo este descubrimiento en la categoría de las mas brillantes conquistas científicas de nuestra época, es la estension que ha dado á nuestros conocimientos acerca de las fuerzas esenciales del universo, es la prueba que de ello resulta de la universalidad de la gravitacion. Los períodos empleados por estas estrellas en completar una revolucion entera desde 43 años, como en *ν* de la corona, hasta millares de años, como para 66 de la Ballena, 38 de los Gemelos y 100 de los Pescados. Desde las medidas de Herschel, en 1782, el satélite mas vecino de la estrella principal en el sistema triple *ς* del Escorpion, ha completado ya y aun pasado una revolucion entera. Combinando del modo mas conveniente las distancias y los ángulos que determinaban, en diversas épocas, las posiciones relativas de las componentes de las estrellas dobles, se llega á calcular los elementos de sus órbitas verdaderas; se consigue al mismo tiempo fijar provisionalmente sus distancias á la tierra, y la relacion de sus volúmenes con el del Sol. Pero lo que todavía conservará por largo tiempo á estos resultados un carácter hipotético, es que ignoramos si la fuerza de atraccion se regula invariablemente, en este sistema como en el nuestro, por la cantidad de las moléculas materiales. Bessel nos ha hecho ver que acaso en aquel podria ser específica y no proporcional á las masas. La solucion definitiva de estos problemas parece, pues, estar reservada para un porvenir todavía muy lejano.

Cuando se compara el Sol á los astros que componen la capa lenticular de estrellas de que hacemos parte, es decir, á otros soles que brillan ellos mismos de su propia luz, se reconoce la posibilidad de llegar á determinar, á lo menos para algunos, ciertos límites estremos entre los cuales sus distancias, sus masas, sus grandores y sus velocidades de traslacion, deben hallarse comprendidos. Tomemos por unidad de medida el rádio de la órbita de Urano que contiene diez y nueve rádios de la órbita terrestre; la distancia de α del Centáuro al centro de nuestro sistema planetario contendrá 11,900 de estas unidades; la de la 61 del Cisne contiene cerca de 31,300, y la de α de la Lira 41,600. La comparacion del volúmen de las estrellas de la primera magnitud con el del Sol depende de su diámetro aparente, elemento óptico cuya determinacion presentará siempre una gran incertidumbre. Admitamos, con Herschel, que el diámetro aparente de Arturo no escede un décimo de segundo; tambien resultará, para esta estrella, un diámetro real once veces mas grande que el diámetro del Sol. Ahora que la distancia de la 61 del Cisne es conocida, gracias á los trabajos de Bessel, es posible determinar aproximadamente la masa de esta estrella doble. A la verdad, la porcion de la órbita aparente que el satélite ha recorrido desde las observaciones de Brandley, no es suficiente para dar, con una gran precision, los elementos de la órbita real, y particularmente el grande eje; sin embargo el célebre astrónomo de Kœnigsberg cree poder afirmar que «la masa de esta estrella doble no difiere mucho de la mitad de la del Sol.» He aquí un resultado de medidas efectivas. Analogías fundadas en la masa predominante de los planetas provistos de satélites, y el haber hallado Struve, entre las estrellas brillantes, seis veces mas sistemas binarios que entre las

estrellas telescópicas, han inclinado á otros astrónomos á atribuir, á la mayor parte de las estrellas dobles, una masa media superior á la del Sol. No puede esperarse ni en mucho tiempo obtener resultados generales sobre este punto. Añadamos que Argelander coloca al Sol en el rango de las estrellas cuyo movimiento propio es considerable.

Causas numerosas, incesantes, que hacen variar las posiciones relativas de las estrellas y de las nebulosas, el resplandor de las diversas regiones del cielo y la apariencia general de las constelaciones, pueden despues de millares de años imprimir un carácter nuevo al aspecto grandioso y pintoresco de la bóveda estrellada. Estas causas son: los movimientos propios de las estrellas, el movimiento de traslacion que lleva en el espacio nuestro sistema solar todo entero, la aparicion súbita de nuevas estrellas, la estenuacion y aun la estincion de algunas estrellas antiguas, en fin, y sobre todo, los cambios que esperimenta la direccion del eje terrestre, por consecuencia de la accion combinada del Sol y de la Luna. Un dia vendrá en que las brillantes constelaciones del Centáuro y de la Cruz del Sud serán visibles bajo nuestras latitudes boreales, mientras que otras estrellas (Sirio y la Banda de Orion) dejarán de aparecer sobre el horizonte. Las estrellas de Cefeo (β y α) y del Cisne (δ) servirán sucesivamente para reconocer en el cielo la posicion del polo norte; y en doce mil años la estrella polar será Vega de la Lira, la mas magnífica de todas las estrellas entre las que puede recaer la representacion de este papel. Estos apuntes hacen sensible, en cierto modo, la grandeza de esos movimientos que proceden con lentitud, pero sin interrumpirse jamás, y cuyos vastos períodos forman como un reloj eterno del universo. Supongamos un instante que un sueño de la imaginacion se realiza, que

nuestra vista, traspasando los límites de la vision telescópica, adquiere un poder sobrenatural; que nuestras sensaciones de duracion se contraen de manera que pueden comprender los mas grandes intérvalos de tiempo, lo mismo que nuestros ojos perciben las mas pequeñas partes de la estension; al instante desaparece la inmovilidad aparente que reina en los cielos. Las innumerables estrellas son llevadas, como torbellinos de polvo, en direcciones opuestas, las nebulosas errantes se condensan ó se disuelven, la via láctea se divide en varias partes como un inmenso ceñidor que se hiciera girones; por todas partes reina el movimiento en los espacios celestes, lo mismo que reina en la tierra, en cada punto de este rico tapiz de vegetales, cuyos vástagos, hojas y flores, presentan el espectáculo de un perpetuo desarrollo. El célebre naturalista español Cavanillas fué el primero que tuvo la idea de ver «apuntar la yerba», y dirijió un fuerte anteojo, provisto de un hilo micrométrico horizontal, ya sobre el tallo de un aloe americano (*Agave americana*), cuyo crecimiento es tan rápido, ya sobre la parte superior de una yema de bambú, precisamente como hacen los astrónomos, cuando colocan los hilos cruzados de sus telescopios sobre una estrella culminamte. En la naturaleza física, para los astros como para los séres organizados, el movimiento parece ser una condicion esencial de la produccion, de la conservacion y del desarrollo.

La rotura de la via láctea, á la cual acabo de referirme, merece una mencion especial. Midiendo el cielo William Herschel (á quien es menester tomar siempre por guia en esta parte de la historia de los cielos) ha encontrado, con ayuda de sus poderosos telescopios, que la anchura real de la via láctea escede de 6 á 7 grados á su anchura aparente, visible á la simple vista, y figurada en las cartas celestes.

Los dos nudos brillantes en que se reunen sus dos ramas, y de los cuales uno está situado hácia Cefeo y Casiopea, y el otro hácia el Escorpion y el Sagitario, parece que ejercen sobre las estrellas vecinas una atraccion poderosa. Entre β y γ del Cisne se ve una region resplandeciente de luz y ancha de cerca de 5°. Este cúmulo de estrellas contiene al menos 330,000, de que una mitad parece atraida en un sentido, mientras que la otra mitad parece estarlo en el sentido opuesto. Herschel sospecha, en esta parte de la capa estelaria, una tendencia á romperse. Se hace subir, por cálculo, á 18 millones el número de las estrellas que el telescopio permite distinguir en la via láctea. Para formar idea del grandor de este número, ó mas bien para ayudarse con un término de comparacion, basta recordar que no vemos á la simple vista, sobre toda la superficie del cielo, mas de 8000 estrellas; tal es, en efecto, el número de las estrellas comprendidas entre la primera y la sesta magnitud. Finalmente, los dos estremos de la estension, los cuerpos celestes y los animalejos microscópicos concurren uno y otro á producir esta impresion de asombro que los grandes números escitan en nosotros, y que es un sentimiento estéril cuando se presentan aislados, sin relaciones con el plan general de la naturaleza ó con la inteligencia humana. Una pulgada cúbica de tripol de Bilin contiene, si hemos de creer á Ehxenberg, 40,000 millones de conchitas silíceas de Galionelles.

Como ha hecho notar Argelander, las estrellas brillantes son mas numerosas en la region de la via láctea que en las otras partes del cielo. Pero además de esta via láctea compuesta de estrellas, existe tambien otra via láctea compuesta de nebulosas, que concurre con la primera á corta diferencia en ángulos rectos.

Sir John Herschel es de opinion que la primera forma un anillo análogo al de Saturno, una especie de cintura aislada por todas partes y situada á corta distancia de nuestro monton lenticular de estrellas. Nuestro sistema planetario está situado en el interior de este anillo, pero escéntricamente, mas cerca de la region en que se halla la Cruz del Sud que de la region opuesta, la de Casiopea. Una nebulosa que Messier descubrió en 1774, pero que no habia sido vista sino imperfectamente, parece reproducir con una exactitud admirable todos los rasgos del conjunto que acabamos de bosquejar; en ella se vuelven á hallar el monton interior y el anillo formado por las diversas partes de la via láctea. En cuanto á la via láctea compuesta de nebulosas, acaso no pertenece á nuestra zona estelaria; la rodea solamente, á una enorme distancia, bajo la forma de un gran círculo casi perfecto, y atraviesa las nebulosas de Virgo (tan numerosas hácia el ala setentrional), la cabellera de Berenice, la Osa mayor, la cintura de Andrómeda y el Pescado boreal. Probablemente es hácia Casiopea que ella atraviesa la via láctea de las estrellas, reuniendo así sus polos situados en la direccion en que nuestra capa estelaria tiene el menor espesor, polos devastados sin duda por las fuerzas que han condensado las estrellas en grupos.

Segun estas observaciones, seria menester representarse en el espacio, primero nuestro monton de estrellas en que se hallan los indicios de un cambio progresivo de formas, y aun de una dislocacion que determina sin duda la atraccion de centros secundarios; despues dos anillos, de los cuales el uno, colocado á una gran distancia, se compone esclusivamente de nebulosas, mientras que el otro, mas aproximado á nosotros (este es la via láctea), está enteramente formado de estrellas desprovistas de nebulosidades. Por

término medio, parecen ser estas estrellas de décimo ó de undécimo grandor, pero tomadas separadamente difieren mucho entre sí; al contrario, aquellas de que se componen los montones aislados ofrecen casi siempre una perfecta uniformidad de grandor y de brillo.

Casi por todas partes donde la bóveda celeste ha sido estudiada con ayuda de ciertos telescopios muy poderosos para penetrar en el espacio, se han visto estrellas, bien que no hayan sido mas que estrellas de vigésima ó vigésima cuarta magnitud, ó nebulosas, en las cuales, con el auxilio de instrumentos mas graduados, podríamos distin guir estrellas aun mas pequeñas. Con efecto, los rayos luminosos que hieren la retina, en estos diversos géneros de observacion, provienen, bien sea de puntos aislados, bien de puntos estremadamente reunidos, y en este último caso, la visibilidad es mayor que en el primero, como lo ha demostrado Arago recientemente. La nebulosidad cósmica universalmente repartida en el espacio, modificando segun toda probabilidad su trasparencia, tal vez disminuya la intensidad de esta luz homogénea que debe existir en toda la bóveda celeste, segun Halley y Olbers, si cada uno de sus puntos fuera la base de una série infinita de estrellas dispuestas en el sentido de la profundidad. Pero estas ideas no concuerdan con lo que nos enseña la observacion. Esta, segun el dicho de Herschel, nos muestra regiones enteras desiertas de estrellas, y unas como aberturas en el cielo; de estas existe una en el Escorpion, que mide de ancho cuatro grados; y otra en el Serpentario. No lejos de estas dos aberturas ó vacios y hácia sus bordes se hallan algunas nebulosas resolubles. La que se nota en el borde occidental de la abertura del Escorpion es uno de los mas ricos montones de pequeñas estrellas que se encuentran en el

cielo. Por lo demás, la ausencia de las estrellas de las regiones vacias la esplica Herschel por la atraccion de estos mismos grupos. «Existen, decia, en nuestro monton estelario, regiones que el tiempo ha asolado.» Si nos representamos las estrellas telescópicas, escalonadas en el espacio, en forma de un tapete que cubriese toda la bóveda aparente del cielo, entonces las regiones vacias del Escorpion y del Serpentario serian como otros tantos agujeros por los cuales nuestro ojo podria penetrar hasta en las profundidades mas lejanas del universo. Es de creer que en aquellos puntos en que el tejido del tapete está interrumpido, existan tambien estrellas, pero nuestros instrumentos no alcanzan á distinguirlas. La aparicion de los meteoros igneos habia tambien inclinado á los antiguos á suponer que existan hendiduras ó brechas (*chasmata*) en la bóveda celeste pero no las consideraban mas que como pasageras, creian asímismo que estas brechas debian ser brillantes y no oscuras, en razon del ether luminoso que, segun ellos debia percibirse por estas aberturas accidentales. Derham y el mismo Huyghens parece haber estado inclinados á esplicar de esta manera la luz apacible de las nebulosas.

Cuando se comparan las estrellas de primera magnitud con las estrellas telescópicas que están, ciertamente, por término medio, mucho mas lejanas de nosotros, cuando se comparan los grupos nebulosos con las nebulosidades irreductibles como la de Andrómeda, ó bien con las nebulosas planetarias, nuestras concepciones sobre estos mundos situados á distancias tan diferentes y como perdidos en la inmensidad, están dominadas por un hecho que modifica, segun ciertas leyes, todos los fenómenos y todas las apariencias celestes: este es el hecho de la propagacion sucesiva de los rayos luminosos. Las últimas investigaciones de Struve

han fijado en 30808 miriámetros por segundo la velocidad de la luz; y es tambien cerca de un millon de veces mayor que la velocidad del sonido. Por lo que hemos aprendido de los trabajos de Maclear, de Bessel y de Struve sobre las paralajes y las distancias absolutas de tres estrellas muy desiguales en brillo, α del Centauro, 61 del Cisne y α de la Lira, un rayo luminoso emplearia respectivamente tres años, nueve años $\frac{1}{4}$, y doce años, para venir de estos astros hasta nosotros. Luego, en el corto, pero memorable periodo de 1572 á 1604, es decir, desde Cornelio Gemma y Tycho, hasta Kepler, tres estrellas nuevas aparecieron sucesivamente en Casiopea, en el Cisne y en el pié del Serpentario. El mismo fenómeno se reprodujo, en 1670, en la constelacion del Zorro, pero con intermitencias. En estos últimos tiempos, sir John Herschel ha reconocido, durante su permanencia en el Cabo de Buena-Esperanza, que el brillo de la estrella η del Navio habia aumentado gradualmente desde la segunda hasta la primera magnitud. Todos estos hechos pertenecen en realidad á épocas anteriores á las en que los fenómenos de luz vinieron á anunciarlos á los habitantes de la tierra; son como voces de lo pasado que llegan hasta nosotros. Se ha dicho con verdad que, gracias á nuestros poderosos telescopios, nos es dado penetrar á la vez en el espacio y en el tiempo. En efecto, medimos uno por otro; una hora de camino es para la luz 110 millones de miriámetros que recorrer. Mientras que, en la Theogonia de Hesiodo, las dimensiones del universo están espresadas con la ayuda de la caida de los cuerpos (durante nueve dias y nueve noches solamente, el yunque de metal cayó del cielo sobre la Tierra).» Herschel estimó que la luz emitida por las últimas nebulosas aun visibles en su telescopio de 40 piés, debia emplear cerca de dos millones de años para venir has-

ta nosotros! Así es que muchos fenómenos han desaparecido largo tiempo antes de ser perceptibles á nuestros ojos, y muchos cambios que aun todavía no vemos se han efectuado hace mucho tiempo. Los fenómenos celestes no son simultáneos mas que en apariencia; y aunque se quisieran colocar mas cerca de nosotros las manchas de nebulosas ó los montones de estrellas, aunque se redujeran los millares de años que miden sus distancias, la luz que han emitido y que nos llega hoy no dejaria de ser, en virtud de las leyes de su propagacion, el testimonio mas antiguo de la existencia de la materia. Así es como la ciencia conduce al espíritu humano de las mas simples premisas á las mas altas concepciones, y le abre esos campos surcados por la luz en que «germinan millares de mundos como la yerba de una noche.»

LA TIERRA.

CUADRO GENERAL DE LOS FENOMENOS TERRESTRES.

Dejemos ahora las altas regiones que acabamos de recorrer, para descender á nuestro estrecho dominio; despues de la naturaleza celeste, abordemos la naturaleza terrestre. Un lazo misterioso une á las dos, y el sentido oculto en el viejo myto de los Titanes, era que el órden en el mundo depende de la union del cielo con la Tierra. Si por su orígen la Tierra pertenece al Sol, ó al menos á su atmósfera en otros tiempos subdividida en anillos, actualmente está tambien la Tierra en relacion con el astro central de nuestro sistema y con todos los soles que brillan en el firmamento, por las emisiones de calor y de luz. La desproporcion de estas influencias no debe impedir al físico reconocer la similitud y la conexidad. Una débil parte del calor terrestre proviene del espacio en que se mueve nuestro planeta, y esta temperatura del espacio, resultante de las radiaciones caloríficas de todos los astros del universo, es casi igual, segun Tourier, á la temperatura media de nuestras regiones

polares. Sin duda, la accion preponderante pertenece al Sol: sus rayos penetran la atmósfera, alumbran y calientan su superficie, producen las corrientes eléctricas y magnéticas, hacen nacer y desarrollar el gérmen de la vida en los séres organizados; esta influencia benéfica será mas tarde el objeto de nuestro estudio.

Como en adelante nos encerraremos en la esfera de la naturaleza terrestre, debemos desde luego considerar la reparticion de los elementos sólidos y líquidos, la figura de la Tierra, su densidad media y las variaciones de esta densidad hasta cierta profundidad; en fin, el calor y la tension electro-magnética del globo. Estas consideraciones nos conducirán á estudiar la reaccion que el interior ejerce contra la superficie; la intervencion de una fuerza universalmente repartida, el calor subterráneo, nos esplicará el fenómeno de los temblores de tierra, cuyo efecto se hace sentir en los círculos de conmocion mas ó menos estendidos, la salida de los manantiales thermales, y los poderosos esfuerzos de los agentes volcánicos. Los sacudimientos interiores, ya bruscos y repetidos, ya contínuos, y por consecuencia poco sensibles, modifican poco á poco, en el curso de los siglos, las alturas relativas de las partes sólidas y líquidas do la corteza terrestre, y cambian la configuracion del fondo del mar. Al mismo tiempo, se forman aberturas temporales ó permanentes que dan comunicacion al interior de la Tierra con la atmósfera: entonces, de una profundidad desconocida, surgen masas en fusion; se derraman en estrechas corrientes por los costados de las montañas, ora con la impetuosidad de un torrente, ora con un movimiento lento y progresivo, hasta que el manantial igneo se agota y que la lava humeante se solidifica bajo la costra de que se ha cubierto. Entonces se producen nuevas rocas á nuestra vista, mientras

que las fuerzas plutónicas modifican las rocas antiguas por medio de contacto inmediato con las formaciones recientes, mas frecuentemente aun por la influencia de un manantial vecino de calor; allí mismo donde la penetracion no ha tenido lugar, las partículas cristalinas están confundidas hasta que se unen en un tejido mas denso. Las aguas nos ofrecen formaciones de otra naturaleza enteramente distinta: tales son las concreciones de restos de animales ó de vegetales, los sedimentos terrosos, arcillosos ó calcareos, los conglomeratos compuestos de restos detríticos de rocas, cubiertos por capas formadas de carapachos siliceos de los infusorios y por los terrenos de trasporte, en que yacen las especies animales del antiguo mundo. El estudio de estas formaciones, que revelan tantos orígenes diversos, de estas tongas dislocadas que ya se levantan, ya declinan en todos sentidos por medio de presiones contrarias ó por los esfuerzos de los agentes volcánicos, ha conducido al observador á comparar la época actual con las épocas anteriores, á combinar los hechos segun las reglas mas sencillas de la analogía, á generalizar las relaciones de estension y las de las fuerzas que aun todavia vé en la obra; y así es que ha sabido sacar del estado de vaguedad y oscuridad en que yacía esa hermosa ciencia de la geognosia cuya existencia apenas se sospechaba hace cincuenta años.

Se ha dicho que los grandes telescopios nos habian enseñado á conocer el interior de los otros planetas mas bien que su superficie. La observacion es exacta, si se esceptúa la Luna. Gracias á los admirables progresos de las observaciones y de los cálculos astronómicos, se pesan los planetas, se miden sus volúmenes, se determinan sus masas, sus densidades, con una precision cada vez mayor; pero sus propiedades físicas permanecen desconocidas. Solo en

la Tierra, el contacto inmediato nos pone en relacion con los elementos de que se compone la naturaleza orgánica y la naturaleza inorgánica. Esta inmensa série de elementos combinados, trasformados de mil maneras por el juego de las fuerzas que sin cesar están obrando, ofrece á nuestra actividad el alimento que le conviene; establece un objeto á nuestras pesquisas, abre un vasto campo á nuestras investigaciones, y el espíritu humano, fortificado en esta lucha contínua, se eleva y se engrandece con sus conquistas. Así el mundo de los hechos se refleja en el mundo de las ideas; y cada gran clase de fenómenos se convierte á su vez en objeto de una ciencia nueva.

En la ciencia de la Tierra halla el hombre esta superioridad de accion que he mencionado muchas veces, y que resulta de su posicion misma sobre la superficie del globo. Hemos visto como la física del cielo, desde las lejanas nebulosas hasta el cuerpo central de nuestro sistema, está limitada á las nociones generales de volúmen y de masa. Nuestros sentidos no pueden percibir allí ningun vestigio de vida, y si se han podido aventurar algunas conjeturas sobre la naturaleza de los elementos que constituyen tal ó cual cuerpo celeste, ha sido menester deducirlas de simples semejanzas, y aun frecuentemente ha sido la imaginacion sola la que ha decidido. Pero las propiedades de la materia, sus afinidades químicas, los modos de agregacion regular que reunen las partículas ya en cristales, ya en un tegido granado; sus relaciones con la luz que la atraviesa desviándose ó dividiéndose con el calor radiante que pasa al estado neutral ó polarizado con las fuerzas electro-magnéticas tan enérgicas aun cuando su acción no se manifieste entonces bajo brillantes apariencias; en una palabra, ese tesoro de conocimientos que dan á nuestras ciencias físicas tanta

grandeza y poder, lo debemos únicamente á la superficie del planeta que habitamos, y mas aun á su parte sólida que á su parte líquida. Seria supérfluo detenernos mas tiempo sobre este asunto: la superioridad intelectual del hombre en ciertas partes de la ciencia del universo, depende de un encadenamiento de causas semejantes á las que dan á ciertos pueblos una superioridad material sobre una parte de los elementos.

Despues de haber señalado la diferencia esencial que existe, á este respecto, entre la ciencia de la Tierra y la ciencia de los cuerpos celestes, es indispensable reconocer tambien hasta donde pueden estenderse nuestras averiguaciones sobre las propiedades de la materia. El campo está circunscrito por la superficie terrestre, ó mas bien por la profundidad en que las escavaciones naturales y los trabajos de los hombres nos permiten alcanzar en las capas vecinas de la superficie. Luego, en el sentido vertical, apenas penetran estos trabajos á dos mil piés (650 metros) por bajo del nivel del mar, es decir $\frac{1}{9800}$ del rádio de la tierra. Las masas cristalinas arrojadas por volcanes todavía en actividad, y semejantes en su mayor parte á las rocas de la superficie, provienen de profundidades indeterminadas, pero que son cuando menos sesenta veces mayores que aquellas en que el trabajo del hombre ha podido penetrar. Donde quiera que una capa de carbon mineral penetra en lo profundo del terreno y luego sesga como para volver á subir mas lejos á una distancia bien conocida, es posible calcular la profundidad del lecho de ella; y es cosa demostrada ya que estos depósitos de carbon, mezclados con los restos orgánicos del antiguo mundo, penetran hasta dos mil metros debajo del nivel del mar (como sucede en Bélgica, por ejemplo); los terrenos calcáreos y las capas devonianas, encorvadas

en forma de valles, llegan á alcanzar una profundidad dupla. Si se comparan estas depresiones subterráneas con las cumbres de las montañas que hasta el presente han estado consideradas como las partes mas elevadas de la corteza soliviantada de nuestro globo, se encontrará una distancia de 37,000 piés (1 miriámetro y $\frac{2}{10}$) lo que equivale á $\frac{1}{524}$ del rádio terrestre. Tal es, en el sentido vertical, el único espacio en que podrian ejercitarse las esperiencias de la geognosia, aun cuando la superficie de la Tierra entera se estendiese hasta la cima del Dhawalagiri ó del Sorata. Todo lo que está situado en el sentido de mayor profundidad que las depresiones de que he hablado, como las que son obra del hombre, como el fondo del mar á la mayor distancia que ha podido alcanzar la sondalesa (James Ross la ha dejado correr hasta 25,400 piés sin alcanzar el fondo), nos es tan desconocido como el interior de los demás planetas de nuestro sistema solar. Asímismo, no conocemos mas que la masa de la tierra entera y su densidad media comparada con las de las capas superficiales, únicas que son accesibles á nuestra inteligencia. En la carencia de todo dato positivo acerca de las propiedades químicas ó físicas del interior del globo, nos vemos de nuevo obligados á apelar á las congeturas, como si se tratara de los otros planetas que con la Tierra hacen su revolucion al rededor del Sol. Así pues, no poseemos dato ninguno exacto sobre la profundidad en la cual las rocas se hallan en estado de reblandecimiento ó de fusion completa, sobre las cavidades que los vapores elásticos ocupan, sobre el estado de los gases interiores trabajados por una presion enorme y por una temperatura elevada, en fin sobre la ley que siguen las densidades crecientes de las capas comprendidas entre el centro y la superficie de la Tierra.

La temperatura creciente con la profundidad y la reaccion del interior del globo contra la superficie, nos guiarán á la larga série de los fenómenos volcánicos; tales son los temblores de tierra, las emisiones gaseosas, los nacimientos thermales, los volcanes de cieno, y las corrientes de lava que se derraman de los cráteres de erupcion; en fin, el poder de las fuerzas elásticas se ejerce tambien alterando el nivel de la superficie. Grandes playas, continentes enteros son soliviantados ó deprimidos; las partes sólidas se separan de las partes flúidas; el océano, atravesado por corrientes calientes ó frias, como por rios aislados en su masa líquida, cubre los polos de hielo, y baña con sus aguas las rocas ya densas y resistentes, ya desagregadas y reunidas en bancos móviles. Los límites que separan las aguas de los continentes ó de las tierras esperimentan frecuentes cambios. Las llanuras han oscilado de abajo arriba y de arriba abajo. Despues del levantamiento de los continentes, se han producido grandes hendiduras casi todas paralelas; y esto aconteció probablemente hácia las mismas épocas en que surgieron las cadenas de montañas. Lagos salados y grandes depósitos de aguas interiores, mucho tiempo habitados por las mismas especies animales, fueron violentamente separados, y los restos fósiles de conchas y de zoofitas que se hallan idénticas en todas partes, atestiguan muy bien estas revoluciones. Siguiendo así á los fenómenos en su mútua dependencia, se descubre que las poderosas fuerzas cuya accion se ejerce en las entrañas del globo, son tambien las que conmueven la corteza terrestre, y que abren salidas á los torrentes de lava arrojados por la enorme presion de los vapores elásticos.

Luego, estas fuerzas que en otros tiempos soliviantaron, hasta la region de las nieves perpétuas, las cimas de los

Andes y del Himalaya, han producido tambien en las rocas combinaciones y agregaciones nuevas; han trasformado las capas que anteriormente se habian depositado del seno de las aguas donde pululaba ya bajo mil formas la vida orgánica. Aquí reconocemos toda la série de las formaciones superpuestas por órden de antigüedad; hallamos en estas capas todas las variaciones de forma que ha esperimentado la superficie, los efectos dinámicos de las fuerzas de sublevacion, y hasta las acciones químicas de los vapores emitidos por las hendiduras.

Las partes sólidas y desecadas de la superficie terrestre en que la vegetacion ha podido desarrollarse en todo su vigor, es decir, los continentes, están en correspondencia contínua de accion y de reaccion con los mares que las rodean donde reina casi esclusivamente la organizacion animal. El elemento líquido está á su vez cubierto por las capas atmosféricas, océano aereo de quien los bajos son las cadenas de montañas y las llanuras. Allí se producen tambien corrientes y variaciones de temperatura; la humedad reunida en las regiones nublosas del aire, se condensa al rededor de las elevadas cumbres, corre por los costados de las montañas, y de ahí va á esparcir por do quiera en las llanuras el movimiento y la fecundidad.

Pero si la distribucion de los mares y de los continentes, la forma general de la superficie y la direccion de las líneas isothermas (zonas en que las temperaturas medias del año son iguales) arreglan y dominan la geografía de las plantas, no sucede así cuando se trata de las razas humanas, el último y el mas noble objeto de una descripcion física del mundo. Los progresos de la civilizacion, el desarrollo de las facultades, y ese cultivo general de la inteligencia, que sirve de fundamento, en una nacion, á la supremacia polí-

tica, concurren con los accidentes locales, pero de una manera harto mas eficaz, á determinar los caractéres diferenciales de las razas, y su distribucion numérica sobre la faz del globo. Ciertas razas, fuertemente adheridas al suelo que ocupan, pueden ser arrolladas y destruidas siquiera sea por otras razas vecinas mas poderosas; sin que apenas nos quede un recuerdo de ellas que la historia pueda aprovechar. Otras razas, inferiores únicamente por su fuerza numérica, cruzan entonces los mares. He aquí como casi siempre ha sucedido que los pueblos que se han distinguido por la navegacion, han podido adquirir conocimientos geográficos, bien que la superficie entera del globo, á lo menos la de los paises marítimos, no haya sido conocida del uno al otro polo hasta mucho tiempo despues.

Antes de entrar en los pormenores del vasto cuadro de la naturaleza terrestre, he querido indicar aquí, de una manera general, como es posible reunir, en una misma y sola obra, la descripcion de la superficie de nuestro globo; las manifestaciones de las fuerzas que sin cesar están en accion en su seno, el electro-magnetismo y el calor subterráneo; las relaciones de estension y de configuracion en el sentido horizontal y en altura; las formaciones típicas de la geognosia, los grandes fenómenos del mar y de la atmósfera; la distribucion geográfica de las plantas y de los animales; en fin la gradacion física de las razas humanas, las únicas que estén en aptitud de recibir, en todas partes y siempre, la cultura intelectual. Esta unidad de esposicion supone que los fenómenos han sido mirados en su dependencia mútua y en el órden natural de su encadenamiento. Una simple agregacion de los hechos no llenaria el objeto que me he propuesto; no podria satisfacer la necesidad de una esposicion cósmica que ha producido en mi alma el aspecto de la naturaleza en mis

viages por tierra y por mar y bajo las zonas mas diversas; deseo que se ha formulado mas enérgicamente á medida que el estudio constante de la naturaleza desarrollaba en mí el sentimiento de su unidad. Sin duda será imperfecta esta tentativa por mas de un concepto; pero los progresos rápidos de que todos los ramos de las ciencias físicas ofrecen hoy el bello espectáculo, permiten esperar que pronto será posible corregir y completar las partes defectuosas de mi obra. Está en el órden mismo de los progresos científicos, que los hechos que han permanecido por largo tiempo desunidos del conjunto, vengan sucesivamente á atarse y someterse á las leyes generales. No indico aquí mas que la via de la observacion y de la esperiencia; en ella es donde yo he entrado, como lo han hecho conmigo otros muchos, esperando que vendrá un dia en que, como pedia Sócrates, se «interprete á la naturaleza con la ayuda sola de la razon.»

Pues que se trata ahora de pintar la naturaleza terrestre bajo sus principales aspectos, es menester empezar por la figura y por las dimensiones del planeta mismo; y es, en efecto que la figura geométrica de la tierra demuestra su orígen y representa su historia así como el estudio de sus rocas y de sus minerales. Su elipticidad manifiesta la fluidez primitiva, ó al menos el reblandecimiento de su masa. Para todos los que saben leer en el libro de la naturaleza, el aplastamiento de la tierra es uno de los datos mas antiguos de la geognosia; así como, la forma elíptica del esferóide lunar y la direccion constante de su grande eje hácia nuestro planeta, son hechos que remontan al orígen de nuestro satélite; «La figura matemática de la Tierra es la que tomaria su superficie, si estuviera cubierta de un líquido en reposo;» á esta superficie ideal, que no reproduce ni las desigualdades, ni los accidentes de la parte sólida de la super-

ficie real, es á la que se refieren todas las medidas geodésicas, cuando han sido reducidas al nivel del mar; está completamente determinada cuando se conoce el valor del aplastamiento y de la longitud del diámetro ecuatorial. Pero el estudio completo de la superficie exigiria una doble medida egecutada en dos direcciones rectangulares.

Ya once medidas de grados (determinaciones de la curvatura de la tierra en diferentes puntos de su superficie), de las cuales nueve pertenecen á nuestro siglo, nos han dado á conocer la figura de nuestro globo que Plinio denominaba «un punto en el universo.» Estas medidas no estan conformes en determinar, para diferentes meridianos, la misma curvatura bajo una misma latitud; esta misma contradiccion es un argumento que favorece á la exactitud de los instrumentos empleados, y á la fidelidad de los resultados parciales. El descrecimiento de la gravedad, cuando uno se dirige del ecuador al polo, depende de la ley que siguen la variaciones de la densidad en el interior del globo; lo propio sucederá con toda conclusion que de aquí se quiera deducir acerca de la figura de la tierra. Así es que, cuando Newton inspirado por consideraciones teóricas, y sin duda tambien por el descubrimiento del aplastamiento de Júpiter, que Cassini habia hecho en 1666; cuando Newton digo, anunció en sus inmortales *Philosofiæ Naturalis Principia*, el aplastamiento de la tierra, fijó el valor de este en $\frac{1}{230}$, en la hipótesi de una masa homogénea; al paso que las medidas efectivas, sometidas á los poderosos métodos de un análisis recientemente perfeccionado, han probado que el aplastamiento del esferóide terrestre, en el que la densidad de las capas de tierra, se considera como que va en progresion creciente hácia el centro, se calcula en muy cerca de $\frac{1}{300}$.

Tres métodos se han empleado hasta el dia para determinar la curvatura de la tierra, y son: las medidas de grados, las observaciones del péndulo y ciertas desigualdades lunares; todas tres nos han dado un mismo resultado. El primer método es á la vez geométrico y astronómico; en los otros dos se pasa de los movimientos observados con exactitud á las fuerzas que los han producido, y de estas mismas fuerzas á su causa comun, que está ligada con el aplastamiento de la tierra. Si en este cuadro general de la naturaleza, donde no es posible tratar de los métodos, he hecho alguna escepcion en favor de los que acabo de citar, es porque son eminentemente propios para hacer resaltar la estrecha conexion que liga la forma y las fuerzas con los fenómenos generales. Por otra parte, estos métodos han representado en la ciencia un papel muy principal, han suministrado la ocasion de someter á una prueba delicada los instrumentos de medida de toda especie, de perfeccionar en la astronomía la teoría de los movimientos de la Luna, y en la mecánica la del péndulo oscilante en un punto medio de resistencia; puédese decir, en fin, que han estimulado al análisis á abrirse nuevas vias. Despues de la investigacion acerca de la paralaje de las estrellas que nos ha guiado al descubrimiento de la aberracion y nutacion, no hallamos en la historia de las ciencias mas que un solo problema, el de la figura de la Tierra, cuya solucion pueda rivalizar, en cuanto á su importancia, con los progresos generales que resultan indirectamente de los esfuerzos hechos hasta el dia para alcanzar tal objeto. Once medidas de grados, de las cuales tres habian sido ejecutadas fuera de Europa, una en el Perú (medida antigua francesa), y dos en las Indias Orientales, han sido comparadas y calculadas por Bessel con arreglo á los métodos mas rigorosos: de esta operacion ha

resultado hallarse un aplastamiento de $\frac{1}{299}$. Así, pues, en este elipsóide de revolucion, el semi-diámetro polar viene á ser 10,938 toesas (21 kilómetros poco mas ó menos, ó sean cinco leguas de posta) mas corto que el semidiámetro ecuatorial; el ensanche ecuatorial tiene, pues, cinco veces próximamente la altura del Mont-Blanc, y no mas que dos veces y media la altura probable del Dhawalagiri, que es la montaña mas alta de la cordillera del Himalaya. Las desigualdades lunares (perturbaciones del movimiento de la Luna en longitud y en latitud) han dado á Laplace, un aplastamiento de $\frac{1}{299}$, es decir, el mismo resultado que las medidas de grados. Pero las observaciones del péndulo han demostrado por término medio un aplastamiento mucho mas fuerte $\frac{1}{228}$.

Se cuenta que, durante los divinos oficios, Galileo, todavia niño y sin duda un poco distraido, conoció que se podia medir la altura de la media naranja de la iglesia por la duracion de las oscilaciones de las lámparas suspendidas de la bóveda á iguales alturas; pero cuán lejos estaba de prever que su péndulo debiese ser trasportado un dia de un polo á otro, para determinar la figura de la Tierra, ó mas bien para comprobar que la desigual densidad de las capas terrestres influye sobre la longitud del péndulo de segundos! No se pueden admirar bastante estas propiedades geognósticas de un instrumento destinado desde luego á medir el tiempo, y que puede servir para sondar en cierto modo las profundidades, para indicar, por ejemplo, si existen en ciertas islas volcánicas, y sobre las vertientes de las cadenas de montañas, cavidades subterráneas ó masas pesadas de basalto y de melaphiro. Desgraciadamente estas bellas propiedades se convierten en otros tantos instrumentos graves, cuando se trata de aplicar el método de las oscilaciones del

péndulo al estudio de la forma general de la Tierra. Las cadenas de montañas y la densidad variable de las capas obran á su vez en sentido contrario, pero de una manera menos perjudicial, sobre la parte astronómica de una medida de grado.

Cuando la figura de la Tierra es conocida, se puede deducir la influencia que ejerce sobre los movimientos de la Luna; recíprocamente se puede remontar, del conocimiento perfecto de estos movimientos, á la forma de nuestro planeta. Esto es lo que ha hecho decir á Laplace: «Es muy notable que un astrónomo, sin salir de su observatorio, comparando solamente sus observaciones al análisis, hubiese podido determinar exáctamente el grandor y el aplastamiento de la Tierra, y su distancia al Sol y á la Luna, elementos cuyo conocimiento ha sido el fruto de largos y penosos viages á los dos hemisferios.» El aplastamiento que se deduce así de las desigualdades lunares, tiene, sobre las medidas de grado aisladas y sobre las observaciones del péndulo, la ventaja de ser independiente de los accidentes locales; este es el aplastamiento *medio* de nuestro planeta. Comparado con la velocidad de rotacion de la Tierra, prueba que la densidad de las capas terrestres va en aumento de la superficie al centro; el mismo resultado se obtiene para Júpiter y para Saturno, cuando se comparan sus aplastamientos con las duraciones de sus rotaciones respectivas. Así, el conocimiento de la figura esterior de los astros nos conduce al de las propiedades de su masa interior.

Los dos hemisferios parecen tener á corta diferencia la misma curvatura bajo las mismas latitudes; pero las medidas de grados y las observaciones del péndulo dan, para las diversas localidades, resultados de tal modo diferentes,

que ninguna figura regular puede adaptarse á todas las determinaciones obtenidas por este método. La figura real de la Tierra es, á una figura regular, geométrica, «lo que la figura accidentada de un agua en movimiento es á la de un agua tranquila.»

Despues de haber medido así la Tierra, era menester tambien pesarla. Muchos métodos se han inventado con este objeto. El primero consiste en determinar, por una combinacion de medidas astronómicas y geodésicas, la cantidad en que el hilo del plomo se desvia de la vertical, bajo la influencia de una montaña inmediata; el segundo está fundado en la comparacion de las longitudes de un péndulo que se ha hecho oscilar primero al pié, y despues en la cima de una montaña; el tercer método es el de la balanza de torsion, que se puede tambien considerar como un péndulo oscilante horizontalmente. De estos tres procedimientos el último es el mas seguro, porque no exige, como los otros dos, la determinacion siempre difícil de la densidad de los minerales de que se compone una montaña. Las recientes investigaciones que ha hecho Reich con la balanza de torsion, han fijado la densidad media de la Tierra entera en 5,44, habiendo tomado por unidad la del agua pura. Luego, segun la naturaleza de las rocas que componen las capas superiores de la parte sólida del globo, la densidad de los continentes es apenas 2,7; por consecuencia, la densidad media de los continentes y de los mares no llega á 1,6. Así, pues, se vé cuanto debe crecer hácia el centro la densidad de las capas interiores, sea por consecuencia de presion que ellas sufren, sea á causa de la naturaleza de sus materiales. Esta es una razon nueva que hay que añadir á las que han hecho dar, al péndulo vertical ú horizontal, el nombre de instrumento geognóstico.

Muchos físicos célebres, colocados en puntos de vista diferentes, han sacado de este resultado conclusiones diametralmente opuestas sobre el interior de nuestro globo. Así, se ha calculado á qué profundidad los líquidos y aun los gases deben haber adquirido, bajo la presion de las capas superiores, una densidad mayor á la de la platina ó del iridium; despues, para conceder la hipótesi de la compresibilidad indefinida de la materia con el aplastamiento, cuyo valor está hoy fijado entre límites muy aproximados, el ingenioso Leslie se vió conducido á presentar el interior del globo terrestre como una caverna esférica «llena de un flúido imponderable, pero dotado de una fuerza de espansion enorme.» Estas concepciones atrevidas pronto dieron orígen á ideas aun mas fantásticas en espíritus enteramente estraños á las ciencias. Hicieron crecer plantas en esta esfera cóneava: se la pobló de animales, y, para ahuyentar las tinieblas circulaban dos astros, Pluton y Proserpina. Estas regiones subterráneas fueron dotadas de una temperatura siempre igual, de un aire siempre luminoso por consecuencia de la presion que sufria: olvidaron sin duda que habian colocado ya dos soles para alumbrarlas. En fin, cerca del polo Norte, por 82° de latitud, se hallaba una inmensa abertura por donde debia pasar la luz de las auroras boreales y permitia descender á la esfera cóncava. Sir Humphry Dary y yo, fuimos invitados con instancia públicamente por el capitan Symmes, á emprender esta espedicion subterránea. Tal es la energía de esa inclinacion achacosa que lleva ciertos espíritus á poblar de maravillas los espacios desconocidos sin tener en cuenta ni los hechos adquiridos de la ciencia, ni las leyes universalmente reconocidas en la naturaleza. Hácia fines del siglo XVII, habia penetrado, digámoslo así, el célebre Halley, en sus espe-

culaciones magnéticas en el interior de la Tierra: suponia que un núcleo, haciendo su revolucion libremente en esta cavidad subterránea, produce las variaciones anuales y diurnas de la declinacion de la aguja magnética. Estas ideas, que nunca fueron consideradas mas que como una pura ficcion por el ingenioso Holberg, han ganado terreno en nuestros dias, y se ha tratado con increible conato de darles un color científico.

La figura, la densidad y la consistencia actuales del globo estan íntimamente ligadas á las fuerzas que obran en su seno, independientemente de toda influencia esterior. Así, la fuerza centrífuga, consecuencia del movimiento de rotacion de que está animado el esferóide terrestre, ha determinado el aplastamiento del globo; á su turno el aplastamiento denota la fluidez primitiva de nuestro planeta. Una enorme cantidad de calor oculta se ha manifestado por la solidificacion de esta masa flúida, y si, como pretende Fourier, las capas superficiales, radiando hácia los espacios celestes, se han enfriado y solidificado las primeras, las partes mas cercanas al centro deben haber conservado su fluidez y su candencia primitiva. Por largo tiempo ha atravesado este calor interno la corteza formada así para perderse en seguida en el espacio: á este período ha sucedido un estado de equilibrio estable en la temperatura del globo; de suerte, que á partir de la superficie, el calor debe ir creciendo gradualmente hácia el centro. Este acrecentamiento se halla establecido de una manera irrecusable, al menos hasta una gran profundidad, por la temperatura de las aguas que saltan de los pozos artesianos, por la de las rocas donde se esplotan minas profundas, y sobre todo, por la actividad volcánica de la Tierra, es decir, por la erupcion de las masas liquidadas que arroja de su seno. Segun

las inducciones, fundadas á la verdad sobre simples analogías, es altamente probable que este acrecentamiento se propague hasta el centro.

En la ignorancia completa en que estamos sobre la naturaleza de los materiales de que está formado el interior de la Tierra, sobre los diversos grados de capacidad para el calor y de conductivilidad de las capas superpuestas; en fin, sobre las trasformaciones químicas que las materias sólidas ó líquidas deben esperimentar bajo la influencia de una presion enorme, no podemos aplicar sin reserva, á nuestro planeta, las leyes de la propagacion del calor que un profundo geómetra ha descubierto para un esferóide homogéneo en metal, con ayuda de un análisis que habia creado él mismo. Ya nuestro espíritu logró con trabajo representarse el límite que separa la masa líquida interior, de las capas sólidas de que se compone la corteza terrestre, ó bien esta gradacion insensible, por la cual pasan las capas de la solidificacion completa, á la semi-fluidez de las sustancias terrestres reblandecidas, pero no en fusion. Luego, las leyes conocidas de la hidráulica no pueden aplicarse á este estado intermedio sin grandes restricciones. La atraccion del Sol y de la Luna, que levanta las aguas del océano y produce las mareas, debe hacerse sentir aun bajo la bóveda formada por las capas ya solidificadas; se produce sin duda en la masa en fusion un flujo y un reflujo, una variacion periódica de la presion que sufre la bóveda. Sin embargo, estas oscilaciones deben ser muy pequeñas, y no es á ellas, sino á fuerzas interiores mas poderosas, á quien es menester atribuir los temblores de tierra. Así, pues, existen séries enteras de fenómenos de que apenas podremos determinar numéricamente la débil influencia, pero que es útil señalar á fin de establecer las grandes leyes de la

naturaleza en toda su generalidad y hasta en los menores detalles.

Por las esperiencias muy concordantes á que se ha sometido el agua de diversos pozos artesianos, parece que por término medio la temperatura de la corteza terrestre aumenta en el sentido vertical, con la profundidad, en razon de 1° del termómetro centígrado para 92 pies de París (30 metros). Si esta ley se aplicara á todas las profundidades, una capa de granito estaria en plena fusion á una profundidad de 4 miriámetros (4 á 5 veces la altura de la mas alta cima de la cadena del Himalaya).

El calor se propaga en el globo terrestre de tres maneras distintas. El primer movimiento es periódico; hace variar la temperatura de las capas terrestrés conforme el calor, segun las estaciones y la posicion del Sol, penetra de arriba abajo ó corre de abajo arriba, volviendo á tomar la misma vía pero en sentido inverso. El segundo movimiento, que resulta tambien de la accion solar, es de una escesiva lentitud: una parte del calor que ha penetrado las capas ecuatoriales, se mueve en el interior de la corteza terrestre hácia los polos; allí, se desnivela en la atmósfera y va á perderse en las regiones lejanas del espacio. El tercer modo de propagacion es el mas lento de todos; consiste en el enfriamiento secular del globo, es decir, en la pérdida de esta débil parte del calor primitivo que actualmente está trasmitido á la superficie. En la época de las mas antiguas revoluciones de la Tierra, esta disipacion del calor central ha debido ser considerable; pero, á partir de los tiempos históricos, ha aflojado de tal modo, que casi se escapa de nuestros instrumentos de medida. Así, la superficie de la Tierra se halla colocada entre la candencia de las capas interiores y la baja temperatura de los espacios co-

lestes, temperatura verosimilmente inferior al punto de congelacion del mercurio.

Las variaciones periódicas que la situacion del Sol y los fenómenos meteorológicos producen en la temperatura de la superficie, no se propagan en el interior de la Tierra sino á una muy corta profundidad. Esta lenta transmision del calor al través del suelo disminuye la disipacion que esperimenta durante el invierno; es favorable á los árboles de raices profundas. De este modo, los puntos situados en diversas profundidades, sobre una misma línea vertical, alcanzan, en épocas muy diferentes, el máximum y el mínimum de la temperatura que les tocó en herencia, y cuanto mas se alejan de la superficie, mas disminuye la diferencia de estos dos estremos. En la region templada que habitamos (lat. 48°—52°), la capa de temperatura invariable se halla á una profundidad de 24 á 27 metros: hácia la mitad de esta profundidad, las oscilaciones que el termómetro esperimenta por consecuencia de las alternativas de las estaciones apenas llegan á medio grado. Bajo los trópicos, la capa invariable se halla ya al pié por bajo de la superficie, y Boussingault ha aprovechado esta circunstancia para determinar, de una manera simple y, á su parecer, muy segura, la temperatura media de la atmósfera de aquel parage. Puede considerarse esta temperatura media de la atmósfera en un punto dado de la superficie, ó mejor en un grupo de puntos aproximados, como el elemento fundamental que determina, en cada comarca, la naturaleza del clima y de la vegetacion. Pero la temperatura media de la superficie entera es muy diferente de la del globo terrestre mismo. Nos preguntamos á menudo si con el trascurso de los siglos se ha modificado sensiblemente esta temperatura media del globo, si el clima de una region se ha deterio-

rado, y si en ella el invierno no se ha hecho mas templado, y si el estío no es menos caluroso. El único medio de resolver semejantes cuestiones es la observacion del termómetro, cuyo descubrimiento cuenta apenas dos siglos y medio; y téngase en cuenta que no ha sido empleado este con bastante inteligencia sino desde 120 años acá. Así, pues, la naturaleza y novedad del medio indicado, restringen considerablemente el campo de nuestras investigaciones acerca de las temperaturas atmosféricas. Pero no sucede lo mismo si se trata del calor central de la Tierra. Así como de la igualdad que se advierte en la duracion de las oscilaciones de un péndulo, es dado deducir la invariabilidad de su temperatura, asi la constancia de la velocidad de rotacion que anima al globo terrestre, nos dá la medida de la estabilidad de su temperatura media. El descubrimiento de esta relacion entre *la largura del dia* y el *calor del globo*, es, á no dudarlo, una de las mas notables aplicaciones que se haya podido hacer de un estenso conocimiento de los movimientos celestes, al estudio del estado térmico de nuestro planeta. Sabido es que la velocidad de rotacion de la Tierra depende de su volúmen. La masa de la Tierra llegando á enfriarse por la vía de radiacion su volúmen debe disminuir; por consecuencia, todo descreeimiento de temperatura corresponde á un aumento de la velocidad de rotacion, es decir, una disminucion en la largura del dia. Luego, teniendo en cuenta las desigualdades seculares del movimiento de la Luna en el cálculo de los eclipses observados en las épocas mas lejanas, se halla que, desde el tiempo de Hipparco, es decir, desde hace 2,000 años, la largura del dia no ha disminuido ciertamente de la centésima parte de un segundo. Se puede, pues, afirmar, sin salir de estos límites, que la temperatura media del globo ter-

restre no ha variado de $\frac{1}{170}$ de grado hace dos mil años.

Esta invariabilidad en las dimensiones supone la misma invariabilidad en la reparticion de la densidad en el interior de la tierra. Resulta de esto que la formacion de los volcanes actuales, la erupcion de las lavas ferruginosas y el trasporte de las pesadas masas de piedras que han colmado las grietas y las quebrajaduras del suelo, no han producido en realidad, mas que modificaciones insignificantes; siendo estos unos accidentes superficiales cuyas dimensiones se desvanecen si se las compara con las del globo.

Las consideraciones que acabo de esponer relativas al calor interior de nuestro planeta, descansan casi esclusivamente en los resultados de las bellas investigaciones de Fourier. Poisson ha suscitado dudas sobre la realidad de este acrecentamiento contínuo del calor terrestre, desde la superficie del globo hasta el centro; segun él, todo calor ha penetrado del esterior al interior, y el que no proviene del Sol, depende de la temperatura, ó muy alta ó muy baja, de los espacios celestes que el sistema solar ha atravesado en su movimiento de traslacion. Esta hipótesi emitida por uno de los mas profundos geómetras de nuestra época, no ha podido satisfacer ni á los físicos ni á los geólogos. Pero cualquiera que sea el orígen del calor interno de nuestro planeta, cualquiera que sea la causa de su acrecentamiento, limitado ó ilimitado hácia el centro, ello es que la conexion íntima de todos los fenómenos primordiales de la materia, y el lazo oculto que une entre ellos las fuerzas moleculares, nos conduce siempre á atribuir al calor central del globo, los misteriosos fenómenos del *magnetismo terrestre*. En efecto, el magnetismo terrestre, cuyo carácter principal es presentar en su triple modo de accion, una

continuidad de variaciones periódicas, debe atribuirse, ya á las desigualdades de la temperatura del globo, ya á esas corrientes galvánicas que consideramos como la electricidad en movimiento en un circuito cerrado. La marcha misteriosa de la aguja magnética, depende á la vez del tiempo y del espacio, del curso del Sol y de la posicion geográfica. A la simple inspeccion de una aguja magnética, lo mismo que bajo los trópicos, á la vista de las oscilaciones del barómetro, se puede conocer la hora del dia. Diremos mas, las auroras boreales, esas luces rojizas que colorean el cielo de nuestras regiones árticas, ejercen sobre ella una accion pasagera, pero inmediata. Cuando el movimiento horario de la aguja es turbado por una *tormenta magnética*, sucede frecuentemente que la perturbacion se manifiesta simultáneamente y en todo el rigor de este término, sobre la tierra y sobre el mar, á centenares y á millares de leguas, ó bien se propaga en todos sentidos á la superficie del globo, de una manera sucesiva y con pequeños intervalos de tiempo. En el primer caso la simultaneidad de los fenómenos podria servir para determinar las longitudes geográficas, enteramente como los eclipses de los satélites de Júpiter, las señales de fuego y las exhalaciones convenientemente observadas. Se conoce con admiracion que los movimientos bruscos de dos pequeñas agujas magnéticas podrian dar á conocer la distancia que las separa, aun cuando estuvieran suspendidas bajo de tierra á grandes profundidades y darnos á conocer, por ejemplo, á qué distancia se halla Casan al oriente de Gotinga ó de Paris. Existen sobre el globo regiones en que un navegante, envuelto por las nieblas durante muchos dias, está privado muy á menudo de los medios astronómicos que sirven para determinar la hora y la

posicion del navío: la inclinacion de la aguja le indicará entonces con exactitud, si se halla al Norte ó al Sud de un punto á que deba arribar.

Pero si la perturbacion que acaba de afectar súbitamente la marcha horaria de la aguja, anuncia y prueba la existencia de una tormenta magnética, es menester confesar que el lugar en que yace la causa perturbadora no se ha encontrado todavía; ¿existe en la corteza terrestre ó en las regiones superiores de la atmósfera? Desgraciadamente no es soluble la cuestion en la actualidad. Si se considera la Tierra como un iman real, es menester entonces, segun la espresion del célebre fundador de una teoría general del magnetismo terrestre, Federico Gauos' atribuir á la Tierra, por cada octava parte de un metro cúbico, la fuerza magnética de una barrita tocada del imán, cuyo peso fuese de una libra. Si es cierto que el hierro, el niquel y probablemente el cobalto (pero nó el cromo, que por largo tiempo se ha unido á dichos metales), son las únicas sustancias que puedan conservar de una manera durable las propiedades magnéticas, en virtud de cierta fuerza coercitiva; por otra parte, el magnetismo de rotacion de Arago y las corrientes de induccion de Faraday, nos prueban que todas las sustancias terrestres pueden llegar á ser *momentáneamente* magnéticas. Las investigaciones del primero de estos dos ilustres físicos han establecido que el agua, el hielo, el vidrio, el carbon y el mercurio, ejercen alguna accion sobre las oscilaciones de la aguja magnética. Casi todas las sustancias parecen contener cierto grado de imantacion cuando funcionan como conductores, es decir, cuando estan atravesadas por una corriente de electricidad.

Los pueblos occidentales parecen haber conocido muy de antiguo la fuerza de atraccion del imán en las sustancias

terrestres; pero hay un hecho muy notable y es, que los pueblos de la estremidad oriental del Asia, los chinos, son los únicos que han conocido la accion directiva que el globo terrestre ejerce sobre la aguja magnética. Mas de mil años antes de nuestra era, en aquella época tan oscura de Codrus y del regreso de los Heráclidas al Peloponeso, los chinos poseian ya las *balanzas magnéticas*, uno de cuyos brazos llevaba una figura humana que constantemente señalaba al Sud; y se servian de esta brújula para atravesar las estepas inmensas de la Tartaria. Ya hácia el tercer siglo de nuestra era, esto es, 700 años á lo menos antes de la introduccion de la brújula en los mares europeos, los Juncos chinos navegaban en el océano índico. Segun la inclinacion magnética del Sud, antes de ahora he demostrado, en otra de mis obras, la gran superioridad que el conocimiento y el uso de la aguja magnética habian dado en aquellas épocas lejanas, á los geógrafos chinos sobre los geógrafos griegos ó romanos, los cuales ignoraron siempre, por ejemplo, la verdadera direccion de los Apeninos y de los Pirineos.

La fuerza magnética de nuestro planeta se manifiesta en la superficie por tres clases de fenómenos, de los cuales corresponde uno á la *intensidad* variable de la fuerza misma, mientras que los otros dos comprenden los hechos relativos á su direccion variable, es decir, la *inclinacion* y la *declinacion*; este último ángulo se cuenta en cada lugar en el sentido horizontal, á partir del meridiano terrestre. El efecto completo que el magnetismo produce en el esterior, puede representarse así gráficamente con ayuda de tres sistemas de líneas, á saber: las líneas *isodynámicas*, las líneas *isoclínicas* y las líneas *isogónicas*, ó en otros términos, las líneas de igual intensidad, de igual inclinacion y de igual declinacion. La distancia y la posicion relativa de estas líneas

no permanecen constantes; estan sometidas á continuas mudanzas oscilatorias. Sin embargo, hay puntos sobre la superficie del globo, tales como la parte occidental de las Antillas y el Spitzberg, donde la declinacion de la aguja magnética no varia, ó al menos no varia mas que en cantidades apenas sensibles en el curso de un siglo entero. Del mismo modo, si ciertas líneas isogónicas por consecuencia de su movimiento secular vienen á pasar de la superficie del mar á un continente ó á una isla un poco considerable, se paran allí por mucho tiempo y se encorvan á medida que por otra parte adelantan.

Estas mudanzas sucesivas y estas modificaciones desiguales de las declinaciones orientales y occidentales, complican las representaciones gráficas que corresponden á siglos diferentes, é impiden reconocer fácilmente las relaciones y las analogías de las formas. Cualquier ramal de una curva tiene toda una historia particular; pero en los pueblos occidentales no remonta esta historia mas allá de la época memorable (13 de setiembre de 1492) en que el grande hombre que hizo el segundo descubrimiento del Nuevo-Mundo, reconoció una línea sin declinacion hácia 3° al oeste del meridiano de una de las Azores, la isla de Flores. Salvo una pequeña parte de la Rusia, la Europa entera tiene actualmente una declinacion occidental, mientras que al fin del siglo XVII, en Londres en 1657, despues en 1669 en Paris, se dirigia exactamente la aguja hácia el polo (á pesar de la corta distancia de estas dos ciudades, la diferencia de las dos épocas es aquí de doce años). Dos escelentes observadores, Hansteen y Adolfo Erman, han señalado el admirable fenómeno que las líneas de igual declinacion presentan en las vastas regiones del Asia setentrional: cóncavas hácia el polo entre Obdorff sobre el Obi y Turuchansk, son co-

nexas entre el lago Baikal y el mar de Ochotsk. En estas regiones del norte del Asia oriental, entre la cordillera de Werchojansk, Jakoutsk y la Corea setentrional, las líneas isogónicas forman un sistema particular muy notable, cuya forma ovalada se reproduce en escala mucho mas grande en el mar del Sud, casi bajo el meridiano de Pitcairn y del archipiélago de las Marquesas, entre 20° de latitud boreal y 45° de latitud austral. Nos inclinamos á atribuir estos sistemas aislados cercados por todas partes y formados de curvas casi concéntricas, á propiedades locales del globo terrestre; pero si semejantes sistemas, aislados en apariencia, deben tambien variar de situacion en la série de los siglos, seria necesario deducir de aquí que estos fenómenos, así como todos los grandes hechos naturales, se refieren á una causa mucho mas general.

Las variaciones horarias de la declinacion dependen del tiempo verdadero; están regularizadas por el Sol, en tanto que este astro se halla sobre el horizonte de un lugar dado, y disminuyen en su valor angular con la latitud magnética. No lejos del ecuador, por ejemplo, en la isla de Rawak, apenas son de 3 á 4 minutos, al paso que en la Europa central llegan á ser hasta de 13 ó 14 minutos. Luego como quiera que desde las ocho y media de la mañana hasta la una y media de la tarde, término medio, la estremidad boreal de la aguja se dirije del este al oeste en el hemisferio setentrional, y del oeste al este en el hemisferio austral, no sin razon se ha presumido que debe haber en la Tierra una region situada probablemente entre el ecuador terrestre y el ecuador magnético, en que la variacion horaria sea nula. Esta última curva podria denominarse *línea sin variacion horaria de la declinacion*, la cual no ha sido hallada hasta nuestros dias.

Así como se ha dado el nombre de *polos magnéticos* á aquellos puntos de la superficie terrestre en que la fuerza horizontal desaparece, puntos cuya importancia por lo demas ha sido sobremanera exagerada, asi el *ecuador magnético* es la curva de los puntos en que la inclinacion de la aguja es nula. La posicion de esta línea y las mudanzas seculares de su forma han sido en estos últimos tiempos el objeto de sérias meditaciones. Con arreglo á los escelentes trabajos de Duperrey que atravesó el ecuador magnético en seis diversas ocasiones, desde 1822 hasta 1825, los nudos de los dos ecuadores, es decir, los dos puntos en que la *línea sin declinacion* corta el ecuador terrestre y pasa así del uno al otro hemisferio, estan colocados de una manera poco regular: en 1825, el nudo que se hallaba cerca de la Isla de San Tomas, en direccion de la costa Occidental de Africa, distaba 188° y medio del nudo situado en el mar del Sud, cerca de las pequeñas islas de Gilbert, poco mas ó menos bajo el meridiano del archipiélago de Viti. A principios de este siglo, he determinado astronómicamente, á 3600 metros por encima del nivel del mar, el punto (7° 1' lat. austral y 48° 40' longitud occidental) en que la cordillera de los Andes está cortada por el ecuador magnético, entre Quito y Lima. Al oeste de este punto el ecuador magnético atraviesa la mayor parte del mar del Sud en el hemisferio austral y se acerca lentamente del ecuador terrestre. Pasa en el hemisferio setentrional un poco mas adelante del archipiélago Indico, toca solamente las estremidades meridionales del Asia, y penetra en seguida en el continente africano, al oeste de Socotora, hácia el estrecho de Bab-el-Mandeb; entonces es cuando se aparta mas del ecuador terrestre. Despues de haber atravesado las regiones desconocidas del interior del continente africa-

no en la direccion sudoeste, el ecuador magnético vuelve á la zona austral de los trópicos, hácia el golfo de Guinea; entonces se aparta de tal modo del ecuador terrestre, que va á cortar la costa brasileña, por 15° de latitud austral hácia Os Ilheos, al norte de Porto-Seguro. De allí á las llanuras elevadas de las cordilleras, donde pude observar la inclinacion de la aguja entre las minas de plata de Micuipampa y la antigua residencia de los Incas, Caxamarca, recorre toda la América del Sud, vasta region, que hácia estas latitudes es aun para nosotros una *tierra incógnita* magnética, lo mismo que el Africa central.

Nuevas observaciones, recogidas y discutidas por Sabine, nos han enseñado que desde 1825 á 1837, el nudo de la isla de San Tomas ha variado de lugar 4° adelantando del Oriente hácia el Occidente. Seria en estremo importante saber si el otro nudo, situado en el mar del Sud, hácia las islas Gilbert, ha marchado hácia el oeste en una cantidad igual, aproximándose al meridiano de las Carolinas. Por este cálculo general, se puede ver, como los diferentes sistemas de líneas isoclínicas se atan á esta gran línea sin inclinacion, cuyas variaciones de forma y de posicion cambian las latitudes magnéticas, é influyen así sobre la inclinacion de la aguja, hasta en las regiones mas lejanas. Adviértese tambien que, por una reparticion favorable de las tierras y de los mares, los $\frac{4}{5}$ del ecuador magnético estan situados en el océano; y como quiera que poseemos hoy dia los medios de medir en el mar con la mayor exactitud, la inclinacion y declinacion de la aguja imantada, esta posicion del océano no ofrece poca ventaja al estudio del magnetismo terrestre.

Despues de haber manifestado la distribucion del magnetismo en la superficie del globo, bajo el doble punto de

vista de la declinacion é inclinacion de la aguja magnética, aun todavía nos queda que considerarla con relacion á la intensidad de la fuerza en sí misma, intensidad que las líneas isodynámicas estan destinadas á representar gráficamente. El vivo interés que universalmente inspiran en nuestros dias el estudio y la medida de esta fuerza por el método de las oscilaciones de una aguja vertical ú horizontal, no remonta mas allá del principio de este siglo. Gracias á los recursos perfeccionados de la óptica y de la chronometría, este género de medida escede en exactitud á todas las demas determinaciones magnéticas. Sin duda las líneas isogónicas son de mayor importancia para el navegante y el piloto; mas tratándose de la teoría del magnetismo terrestre, las líneas de igual intensidad son precisamente aquellas de que esperamos en la actualidad los resultados mas fecundos. El primer hecho que se ha probado por medio de medidas directas, es el descrecimiento de la intensidad total dirigiéndonos del ecuador al polo.

El conocimiento que actualmente tenemos de la ley que sigue esta disminucion de intensidad y de la distribucion geográfica de todos los términos de que se compone, lo debemos, especialmente desde 1819, á la infatigable actividad de Eduardo Sabine; despues de haber observado las oscilaciones de la aguja con el mismo aparato en el polo norte-americano, en la Groenlandia, en el Spitzberg, sobre las costas de Guinea y en el Brasil, Sabine se ha ocupado ademas de reunir y coordinar todos los documentos capaces de esclarecer la gran cuestion de las líneas isodynámicas. Yo mismo he dado á luz, para una pequeña parte de la América del Sud, los primeros apuntes para un sistema isodynámico dividido en zonas. Estas líneas no son paralelas á las de igual inclinacion; pues la fuerza magné-

tica está lejos de alcanzar su mínimum de intensidad en el ecuador, como en un principio se creyó; y ni aun es uniforme en ningun punto. Cuando se comparan las observaciones de Erman en la parte meridional del océano atlántico, donde se halla una zona de mediocre intensidad (0,706) que se dirige desde Angola, por la isla de Santa Elena, hasta las costas del Brasil, con las últimas observaciones del gran navegante James Clark Ròss, practicadas no lejos del Cabo Crozier, se halla que la fuerza magnética aumenta próximamente en la proporcion de 1 á 3, hácia el polo magnético austral (este polo está situado en la tierra Victoria, al Oeste del volcan Erebus, cuya cima descuella, en medio de montañas de hielo, á 3800 metros sobre el nivel del mar.) La intensidad, cerca del polo magnético austral, siendo con muy corta diferencia de 2,052 (la unidad que se ha adoptado en este género de elevacion es la intensidad que he determinado en el Perú sobre el ecuador magnético), Sabine ha encontrado que era únicamente de 1,624 en el polo magnético norte, no lejos de las islas Melville, por 74° 27' de latitud setentrional, al paso que llega á ser de 1,803 en New-York, es decir, bajo la misma latitud que Nápoles.

Los brillantes descubrimientos de Oersted, de Arago y de Faraday, han establecido una relacion íntima entre la tension eléctrica de la atmósfera y la tension magnética del globo terrestre. Segun Oersted, un conductor está imantado por la corriente eléctrica que lo atraviesa; segun Faraday el magnetismo dá orígen, por induccion, á corrientes eléctricas. Así el magnetismo no es mas que una de las formas múltiples, bajo las cuales puede manifestarse la electricidad; estaba reservado á nuestra época probar la identidad de las fuerzas eléctricas y magnéticas, identidad presentida

oscuramente desde los tiempos mas remotos. «Cuando el ambar (*electrum*) está *animado* por la frotacion y por el calor, dice Plinio con referencia á Thales y á la escuela jónica, atrae los fragmentos de corteza y de hojas secas, del mismo modo que el imán atrae al hierro.» La misma idea se halla en los anales científicos de un pueblo que ocupa la estremidad oriental del Asia, y el físico chino Kuopho la ha reproducido, con los mismos términos, en su elojio del imán. Con gran sorpresa mia, he debido reconocer que los salvages de las orillas del Orinoco, una de las razas mas degradadas de la tierra, saben producir la electricidad por la frotacion; los hijos de estas tribus se divertian en frotar los granos aplastados, secos y brillantes de una planta enredadera silícua (probablemente era una *negrecia*) hasta que atraian briznas de algodon ó de caña. Esto no era allí mas que un juguete de niño para esos salvages desnudos, con la tez bronceada; pero para nosotros es asunto de sérias reflexiones. ¡Qué abismo entre esos fuegos eléctricos de los salvages y nuestros pararrayos, nuestras pilas voltáicas, nuestros aparatos magnéticos productores de chispas! Millares de años de progreso y de desarrollo intelectual han abierto este abismo.

Cuando se reflexiona en la perpétua movilidad de los fenómenos del magnetismo terrestre, cuando se ve la intensidad, la declinacion, la inclinacion, variar á la vez con las horas del dia y de la noche, con las estaciones del año, y aun con el número de los años trascurridos, no puede uno dejar de creer que las corrientes eléctricas de que dependen estos fenómenos, forman sistemas parciales muy complexos en el interior de la corteza de nuestro planeta. Pero ¿cuál es el orígen de estas corrientes? ¿Son como en las esperiencias de Seebeck, simples corrientes thermo-

eléctricas, producidas por la desigual reparticion del calor, ó mas bien de las corrientes de induccion nacidas de la accion calorífica del Sol? ¿Concederemos cierta influencia sobre la distribucion de las fuerzas magnéticas al movimiento de rotacion de la Tierra y á las velocidades diferentes que las zonas poseen segun sus distancias al ecuador? Tal vez existe un centro de accion magnética en los espacios interplanetarios, ó en una cierta polaridad del Sol y de la Luna. Estas últimas hipótesis recuerdan que Galileo, en su célebre *Diálogo*, esplica la direccion constante del eje de la Tierra, por un centro de accion magnética situado en los espacios celestes.

Si se representa el interior del globo terrestre como una masa liquidada por un calor enorme, es menester renunciar á ese núcleo magnético, de que ciertos físicos han dotado á la Tierra, para esplicar los fenómenos que nos ocupan. Sin embargo, el magnetismo no desaparece completamente sino al calor blanco, y el hierro conserva todavía vestigios de él cuando su temperatura no escede del rojo oscuro: cualquiera que sean, por otra parte, en estas esperiencias, las modificaciones que sufra el estado molecular de los cuerpos, y por consecuencia, su fuerza coercitiva, quedará siempre un notable espesor de la corteza terrestre, en que podremos buscar la residencia de las corrientes magnéticas. En otros tiempos se atribuian las variaciones horarias de la declinacion al recalentamiento progresivo de la Tierra bajo la influencia del movimiento diurno aparente del Sol; pero esta accion no interesa sino á la capa mas superficial, porque observaciones hechas con cuidado en muchos lugares del globo, con ayuda de thermómetros clavados en el suelo á diversas profundidades, han mostrado con qué lentitud penetra el calor solar á algunos pies solamente. Ade-

mas, el estado thérmico de la superficie del mar, que forma los $\frac{2}{3}$ de la del globo entero, difícilmente estará de acuerdo con esta teoría, mientras que se trate de una accion inmediata, y no de una accion de induccion ejercida por las capas de aire ó de vapores acuosos de la atmósfera.

Así, en el estado actual de nuestros conocimientos, es menester resolverse á ignorar las últimas causas físicas de estos fenómenos complicados; si la ciencia ha hecho recientemente brillantes progresos, ha sido por otra via; ha sido por la determinacion numérica de los valores medios de todo lo que puede ser sometido á nuestras medidas de tiempo ó de espacio; ha sido dirigiendo todos los esfuerzos hácia lo que hay de constante y de regular en el fondo de esas apariencias variables. De Toronto, en el alto Canadá, al Cabo de Buena-Esperanza y á la tierra de Van-Diemen, de Paris á Pekin, está cubierta la tierra, desde 1828, de *observatorios magnéticos*, donde se espia sin cesar cada manifestacion regular ó irregular del magnetismo terrestre, con ayuda de observaciones simultáneas. Se miden variaciones de $\frac{1}{40000}$ en la intensidad total. En ciertas épocas, se observa durante 24 horas consecutivas, por intervalos de dos minutos y medio. En tres años, segun los cálculos de un ilustre astrónomo inglés, el número de las observaciones que se han de discutir, se elevará á 1958000. Jamás se han intentado esfuerzos tan grandiosos, tan dignos de admiracion, con el fin de profundizar una de las grandes leyes de la naturaleza. Comparando estas leyes á las que reinan en nuestra atmósfera ó en ciertas regiones mas lejanas aun, se podrá remontar hasta el orígen mismo de las manifestaciones magnéticas: todo nos lo hace creer así. Al presente, por lo menos, nos es permitida la gloria del número y de la importancia de los medios que se han puesto

en obra; pero pretender que la teoría física del magnetismo terrestre no deja nada que desear hoy, seria obrar como hacen los que no tienen en cuenta los hechos sino en tanto que se acomodan á sus especulaciones.

Intimas relaciones unen á la vez el magnetismo del globo y las fuerzas electro-dynámicas que Ampere ha medido, á la produccion de la luz polar, asi como al calor de nuestro planeta, cuyos polos magnéticos estan considerados como polos de frio. Hay mas de 128 años, que Halley sospechaba que las auroras boreales podrian ser muy bien simples fenómenos magnéticos: hoy, el brillante descubrimiento de Faraday, que hizo nacer la luz por la accion de las solas fuerzas magnéticas, ha dado á esta vaga sospecha el valor de una certeza esperimental.

Existen fenómenos precursores de la aurora boreal: ya, durante el dia que precede á la aparicion nocturna, la marcha irregular de la aguja imantada anuncia una perturbacion en el equilibrio de las fuerzas magnéticas de la Tierra. Cuando esta perturbacion se ha desenvuelto con toda su energía, el equilibrio turbado se restablece por una descarga acompañada de luz. «No hay que considerar la aurora boreal misma como la causa esterior de la perturbacion, sino como el resultado de una actividad terrestre, cuyo poder se eleva hasta producir fenómenos luminosos, y que se manifiesta así, por una parte, por esta produccion de luz, y por otra, por las oscilaciones de la aguja imantada.» La aparicion de la aurora boreal, es el acto que pone fin á una *tormenta magnética*, lo mismo que en las tormentas eléctricas, un fenómeno de luz, el relámpago, anuncia que el equilibrio momentáneamente turbado, acaba de restablecerse en fin, en la distribucion de la electricidad. La tormenta eléctrica está de ordinario circunscrita en un corto espacio,

fuera del cual el estado eléctrico de la atmósfera no ha sido turbado. La tormenta magnética, al contrario, estiende su influencia sobre una gran parte de los continentes; y, esta accion se hace sentir lejos de los lugares donde el fenómeno de luz ha sido visible segun lo ha descubierto Arago. Cuando el cielo se cubre de nubes tormentosas, cuando la atmósfera pasa frecuentemente de un estado eléctrico al estado opuesto, no sucede siempre que las descargas se manifiesten por relámpagos; lo mismo pueden producir las tempestades magnéticas grandes perturbaciones en la marcha horaria de la aguja imantada, sin que el equilibrio deba *necesariamente* restablecerse, del polo al ecuador, ni aun de un polo á otro, por una produccion de efluvios luminosos.

Para reunir en un solo cuadro todos los rasgos que caracterizan el fenómeno, es menester describir primero el nacimiento, y despues las diversas fases de una aurora boreal completamente desenvuelta. En el horizonte, hácia el meridiano magnético del lugar, el cielo, desde luego puro, empieza á oscurecerse; se forma una especie de velo nebuloso que monta lentamente y acaba por llegar á una altura de 8 ó 10 grados. Al través de este segmento oscuro, cuyo color pasa del moreno al violeta, se ven las estrellas como al través de una espesa niebla. Un arco mas ancho, pero de una luz resplandeciente, primero blanca y despues amarilla, ribetea el segmento oscuro; pero como este arco luminoso aparece mas tarde que el segmento, es imposible, segun la observacion de Argelander, atribuir la presencia de este último á un simple efecto de contraste con el arco brillante. Medidas precisas han demostrado que el punto mas elevado del arco luminoso no está situado en el meridiano magnético, sino que se aparta ordinariamente de 5°

á 18° del lado hácia el cual se dirije la declinacion magnética del lugar. Bajo las altas latitudes, en las regiones muy cercanas al polo magnético, el segmento inferior parece menos sombrío, y el medio del arco brillante se aleja, mas que por ninguna otra parte, del meridiano magnético.

Alguna vez el arco luminoso parece agitado, durante horas enteras, por una especie de efervescencia y por un contínuo cambio de forma, antes de lanzar rayos y columnas de luz que montan hasta el zenit. Cuanto mas intensa es la emision de la luz polar, mas vivos son los colores, que, del violeta y del blanco azulado, pasan, por todos los grados intermedios, al verde y al rojo purpúreo. Lo mismo sucede con las chispas eléctricas: no toman color sino cuando la tension es fuerte y la esplosion violenta. Ya las columnas de luz parecen salir del arco brillante, mezcladas de rayos negruzcos semejantes á un humo espeso; ya se elevan simultáneamente en diferentes puntos del horizonte; se reunen en un mar de llamas de que ninguna pintura podria presentar la magnificencia, porque, á cada instante, hacen variar su forma y su brillo, rápidas ondulaciones. En ciertos momentos, es tal la intensidad de esta luz, que Lowenærn pudo reconocer estando el Sol en su meridiano, el 29 de enero de 1786, los juegos de luz y las ondulaciones de la aurora boreal. El movimiento, en efecto, parece acrecer la visibilidad del fenómeno. Al rededor del punto que corresponde, en el cielo, á la direccion de la aguja libremente suspendida por su centro de gravedad, los rayos parecen reunirse, y formar entonces lo que se llama la *corona* de la aurora boreal; esta es una especie de dosel celeste formado de una luz suave y apacible. Es raro que la aparicion sea tan completa, y que se prolongue hasta la formacion de esta corona; pero cuando ella aparece, anun-

cia siempre el fin del fenómeno. Los rayos se hacen entonces mas raros, mas cortos y de colores menos vivos. La corona y los arcos luminosos se disuelven, y muy pronto no se ve ya en la bóveda celeste mas que grandes manchas nebulosas inmóviles, pálidas, ó de un color ceniciento; ya han desaparecido, cuando las trazas del segmento oscuro, por donde la aparicion se presenta, subsisten aun en el horizonte. En fin, no queda muchas veces, de todo este hermoso espectáculo, mas que una débil nube blanquiza, con sus bordes cortados ó dividida en pequeños montones como los *cirro-cumuli*.

Este enlace que parece existir entre la luz polar y la aparicion de cierta especie de nubes nos muestra que la produccion de la luz electro-magnética es una simple fase de un fenómeno *meteorológico*. Se diria que el magnetismo terrestre obra sobre la atmósfera condensando los vapores que se hallan disueltos. Thieneman creia tambien que estas nubes aborregadas eran el *substratum* de la luz polar, y sus observaciones de Islandia han sido plenamente confirmadas por las observaciones mas recientes de Franklin y de Richardson en el polo Norte americano, y por las del almirante Wrangel sobre las costas siberianas del mar Glacial. Todos han afirmado «que la luz polar emitia sus mas vivos rayos cuando las altas regiones del aire contenian montones de *cirro-strati* bastante ténues y bastante ligeros para dar orígen á una corona al rededor de la Luna.» Alguna vez se agrupan las nubes y se colocan en medio del dia poco mas ó menos como los rayos de una aurora boreal; entonces parece que turban la aguja imantada. Despues de una brillante aurora boreal, se han podido reconocer, en la mañana siguiente, rastros de nubes que habian parecido, durante la noche, otros tantos rayos luminosos. Bandas polo-

res convergentes, es decir, rastros de nubes que se dispónen en el sentido del meridiano magnético, han llamado mi atencion durante mis viages á Méjico y al Asia setentrional. Es menester clasificar sin duda estas apariciones entre los fenómenos diurnos que acabo de citar.

Frecuentemente se ven *auroras australes* en nuestros climas (Dalton ha observado muchas en Inglaterra), y se ven *auroras boreales* entre los trópicos, en Méjico, por ejemplo, en el Perú y aun hasta los 45 grados de latitud austral (el 14 de enero de 1831); no es raro que el equilibrio magnético sea turbado simultáneamente hácia los dos polos. Siempre depende el aspecto del fenómeno de la posicion del observador: cada uno ve su aurora boreal, lo mismo que cada uno ve su arco iris. Hay que distinguir entre la zona terrestre, donde la aparicion luminosa, cuando se manifiesta, es por todas partes visible en el mismo instante, y las regiones mucho menos estensas donde se reproduce casi todas las noches. Muchas veces ha sido observada la misma aurora á la misma hora en Inglaterra y en Pensilvania, en Roma y en Pekin; solamente la frecuencia de estas apariciones disminuye con la latitud magnética, ó, en otros términos, descrece á medida que el lugar de la observacion se aleja, no del polo terrestre, sino del polo magnético. Mientras que en Italia una aurora boreal es un fenómeno escesivamente raro, nada es mas frecuente, al contrario, en América, sobre el paralelo de Filadelfia (lat. 39° 57' N.) porque estas regiones estan menos retiradas del polo magnético. En Irlanda, en Groenlandia, en Terra-Nova, sobre las orillas del lago del Esclavo, y en Fort-Entreprise en el Alto Canadá, cada noche, en ciertas épocas del año, se ilumina el cielo, de luces variables, y, como dicen los habitantes de las islas Shetland; los saltos de luz forman en el cielo

« una danza alegre. » En estas regiones, donde el fenómeno se reproduce con una frecuencia escepcional, existen zonas, se diria casi vetas, en que las auroras son mas brillantes que en ninguna otra parte, sin duda á causa de ciertas influencias locales. Wrangel veia su resplandor disminuir á medida que él se apartaba del litoral del mar Glacial, hácia Nijné-Kolymsk. En fin, las auroras boreales no son ni mas vivas ni mas frecuentes en el polo magnético mismo, que á una cierta distancia de este punto; esto es, al menos, lo que los documentos recogidos en las espediciones polares parecen indicar.

En cuanto á la altura absoluta de las auroras boreales, lo que sabemos descansa en medidas angulares que no podrán inspirar una gran confianza, á causa de la incertidumbre en que las oscilaciones contínuas de la luz dejan al observador sobre sus verdaderos límites; tambien los resultados de estas medidas varian entre algunos miriámetros y 1000, ó 1200 metros, aun desechando las medidas antiguas; es probable que estas alturas varien efectivamente de una época á otra. Mucho mas, que los últimos observadores colocan la residencia de estas apariciones, no en el límite de nuestra atmósfera, sino en la region en que se forman las nubes y los montones de vapores vesiculares; creen que los vientos y las corrientes aereas podrán desviar los rayos de las auroras boreales, si la produccion de la corriente electro-magnética de que nos revelan la existencia, se ligase á la de las nubes y de los vapores, ó mas bien, si esta corriente los atravesase realmente pasando de una vesícula á otra. Sobre las orillas del lago del Grande-Oso, el capitan Franklin vió una aurora boreal, cuya luz le pareció alumbrar la superficie inferior de una capa de nubes, mientras que á 3 ó 4 miriámetros mas lejos, Kendál, que ha-

bia velado toda la noche sin perder de vista un solo momento el cielo, no percibió ningun vestigio de luz. Se ha pretendido, en estos últimos tiempos, que los rayos de la aurora boreal se aproximan alguna vez á la Tierra, y vienen hasta interponerse entre el observador y una elevacion vecina; pero estas apariencias podrian esplicarse sin duda por las ilusiones de óptica, cuyos relámpagos y la caida de los bólidos han ofrecido ya tantos ejemplos.

Actualmente que recientes espediciones nos permiten apreciar en su justo valor las relaciones de los pescadores de Groenlandia y de los cazadores del zorro siberianos, se duda que las tormentas magnéticas, ya semejantes á las tormentas eléctricas por la produccion de la luz se asemejen tambien por la produccion del ruido. Se diria verdaderamente que las auroras boreales se han hecho silenciosas desde que se las observa con mas cuidado. Parry, Franklin, segun Richardson, en el polo Norte; Thieneman, en Islandia; Giescke, en Groenlandia; Lottia y Bravais, en el cabo Norte; Wrangel y Anjou, á las orillas del mar Glacial, han visto auroras boreales por millares, sin oir jamás el menor ruido. ¿Se quiere que estas pruebas negativas cedan delante de dos afirmaciones positivas, la de Hearne, en la embocadura del rio de la mina de cobre, y la de Henderson en Islandia? Pero entonces, tendriamos que olvidarnos de que si Hool oyó, durante la aparicion de una aurora boreal una especie de chisporroteo acompañado instantáneamente de un ruido semejante al tiro de un fusil, al dia siguiente se repitió el mismo ruido sin que esta vez le acompañase la luz polar; habriamos asimismo de rechazar la esplicacion tan plausible de Wrangel y de Giescke, quienes atribuian estos chasquidos á una súbita contraccion de la nieve endurecida, bajo la influencia de un enfriamiento brusco de la

atmósfera. He aquí además como la fé que se ha dado á estos pretendidos chisporroteos de la aurora boreal, ha podido ganar crédito, no entre la gente del pueblo, á la verdad, sino entre los viageros científicos: en otros tiempos se comparaban las auroras boreales con los fenómenos eléctricos que se producen en medio de un aire enrarecido como debe serlo el de las demas regiones de la atmósfera: con esta circunstancia, todo ruido venia á ser, para el observador prevenido, el centelleo de la chispa eléctrica. Pero recientes investigaciones, ejecutadas con la ayuda de unos electroscopios muy sensibles, no han producido hasta el presente, contra todo lo que debiamos esperar, mas que unos resultados puramente negativos, puesto que durante las auroras mas resplandecientes, el estado eléctrico de la atmósfera ha permanecido invariable.

Obsérvase por el contrario, que el magnetismo terrestre está modificado por la aurora boreal; y que la intensidad, la declinacion y la inclinacion se hallan simultáneamente afectadas. Durante la misma noche, recorriendo las fases sucesivas de su desarrollo, la aurora boreal ora atrae á sí, ora rechaza la estremidad de la aguja magnética. Parry creia poder deducir del conjunto de las observaciones que habia hecho cerca del polo magnético, en las islas Melville, que las auroras boreales, lejos de perturbar la aguja imantada, egercian mas bien en ella «una accion sedativa;» pero esta opinion se halla contradicha por un exámen mas prolijo del viaje del mismo Parry, por las bellas observaciones de Richardson, de Hood y de Franklin en el Alto-Canadá, y asimismo por las de Bravais y de Lottin en la Laponia. Antes de ahora lo hemos dicho ya, la produccion de la luz polar es el acto por el cual se restablece un equilibrio que momentáneamente ha sido turbado; su efecto

sobre la brújula está en proporcion con la intensidad de la descarga reparadora; si la aurora boreal es muy débil, si se eleva apenas sobre la parte superior del horizonte, este efecto será insensible, y los observadores de Bosekop tuvieron mas de una ocasion de afirmarse en ello durante su larga estancia invernal. Con razon se han comparado los haces cilíndricos de los rayos de la aurora boreal, á la luz que se produce en un circuito voltáico, entre dos puntas de carbon (ó como quieren Fizeau y Foucault, entre una punta de carbon y un glóbulo de plata), luz que el imán atrae á sí ó rechaza. Esta analogía hace supérflua la hipótesi de que estos vapores metálicos se hallan suspendidos en la atmósfera, de que algunos célebres físicos han querido hacer el *substratum* de la aurora boreal.

Dando á estas magníficas apariciones el nombre de auroras boreales, ó el nombre menos preciso aun de luces polares, solamente hemos querido designar así la direccion en que empiezan mas frecuentemente á producirse. Resulta de este fenómeno, y en esto consiste su grande importancia, que la Tierra está dotada de la virtud de emitir una luz propia, una luz distinta de la que le envia el Sol. La intensidad de la *luz terrestre*, ó, para hablar con mas exactitud, la claridad que esta luz, en todo su esplendor, puede esparcir sobre la superficie de la Tierra, escede un poco á la del cuarto creciente de la Luna. Alguna vez es bastante fuerte (7 de enero de 1831) para permitir que se lean sin trabajo caractéres impresos. Esta luz de la Tierra, cuya emision casi nunca se interrumpe hácia los polos, nos recuerda la luz de Venus, cuya parte no alumbrada por el Sol, brilla con frecuencia con una débil luz fosforescente. Tal vez otros planetas (Júpiter), la Luna y aun los cometas posean tambien una luz nacida de su propia sus-

tancia, independiente de la que el Sol les envia y de que el polariscopio prueba el orígen. Sin que haya necesidad de recordar aquí la apariencia problemática, pero muy comun de esas nubes poco elevadas cuya superficie entera brilla, durante muchos minutos, con una luz trémula, podremos hallar en nuestra atmósfera otros ejemplos que citar de esta produccion de luz terrestre. Tales son las famosas nieblas secas de 1783 y de 1831, que emitian una luz muy sensible durante la noche; tales son esas grandes nubes que brillan con una luz apacible, sin ondulacion, tantas veces notada por Rozier y por Beccaria; tal es en fin, segun una ingeniosa observacion de Arago, esta luz difusa que guia nuestros pasos en medio de las noches de otoño ó de primavera, cuando las nubes interceptan toda luz celeste y que la nieve no cubre la tierra. Si las altas latitudes tienen sus auroras cuyas luces coloridas atraviesan y alumbran la atmósfera, las cálidas regiones de los trópicos tienen tambien su luz que brilla en la superficie del océano, sobre una estension de muchos millares de leguas cuadradas. Pero aquí la luz es un producto de las fuerzas orgánicas de la naturaleza; las olas, coronadas de una espuma fosforescente, se levantan, rulan y se estrellan como en un mar de fuego; cada punto de la inmensa superficie es una chispa y en cada chispa se manifiesta la vida animal de un mundo invisible. Tales son los numerosos manantiales de la luz terrestre. ¿Se ha de admitir que esta luz esté tambien en estado latente, que virtualmente está contenida en ciertos vapores, á fin de esplicar *la formacion á distancia de las imágenes* de Moser, descubrimiento en que la realidad se nos presenta aun como esas formas misteriosas que no se vèn mas que en sueños?

Si, por una parte, el calor central de nuestro planeta se

adhiere á la produccion de las corrientes electro-magnéticas y de la luz terrestre que nace de estas corrientes, bajo otro punto de vista, se presenta como el orígen principal de los fenómenos geognósticos. Actualmente nos proponemos considerar esos fenómenos en su encadenamiento y en sus diversas fases, desde el sacudimiento puramente dynámice y el levantamiento de los continentes ó de las cordilleras de montañas, hasta la erupcion de los gases y de los vapores, de los cienos ardientes, de las rocas igneas ó de las lavas en fusion que se trasforman, por el enfriamiento, en rocas cristalizadas. No fué pequeño progreso para la moderna geognosia (la parte mineralógica de la física terrestre) el haber probado este encadenamiento de los fenómenos. Se ha podido renunciar para en adelante á esas vanas hipótesis que se imaginaban en otros tiempos para esplicar una á una las revoluciones del antiguo mundo terrestre; se ha podido ligar la produccion de materias diversas á los simples cambios de forma ó de estension *(sacudimientos* y *levantamientos)*; se han podido acercar y agrupar fenómenos completamente desemejantes á primera vista, tales como los nacimientos thermales, las emisiones de gas ácido carbónico y de vapores sulfurosos, las *salses* (erupciones cenagosas), y en fin las erupciones de las montañas ignivomes. En un cuadro general de la naturaleza, todos estos detalles se confunden en una misma y sola concepcion, la de *la reaccion que el interior de un planeta ejerce contra sus capas esteriores*. Una sola causa, el aumento gradual del calor terrestre desde la superficie hasta el centro, nos esplicará á un tiempo los temblores de tierra, el alzamiento sucesivo de los continentes y de las cordilleras de montañas, las erupciones volcánicas, y la formacion de las rocas ó de los minerales. Pero es de advertir que esta reaccion del in-

terior sobre el esterior no ha circunscrito su influencia á la sola naturaleza inorgánica; pues todo nos induce á creer que en el antiguo mundo, poderosas emisiones de gas ácido carbónico se mezclaron con la atmósfera, favorecieron la obra por la cual los vegetales se asimilan al carbono, y por medio de esta fusion se formaron las primitivas selvas, que es el orígen de eso inagotable cúmulo de materias combustibles (leñosas y carboníferas) que las revoluciones del globo han cubierto bajo capas superficiales. Y aun puede decirse que la forma de la corteza terrestre, la direccion general de las grandes cadenas de montañas y sus mesetas, la configuracion articulada de los continentes, han ejercido una notable influencia en la suerte de la especie humana. En este encadenamiento de los fenómenos, el filósofo tiene campo ancho para remontarse, de término en término, hasta la época en que la materia aglomerada en esfera pasó del estado flúido al estado líquido ó sólido, época en que se desarrolló por este medio el calor central de la tierra, independientemente de la accion calorífica de los rayos solares.

A fin de seguir en la descripcion de los fenómenos geognósticos, el órden mismo de su filiacion y de su dependencia primitiva, principiaremos por aquellos cuyo carácter es esencialmente dynámico. Los *temblores de tierra* se manifiestan por oscilaciones verticales, horizontales ó circulares, que se suceden y repiten con breves intérvalos. Las dos primeras especies de sacudimientos suelen ser simultáneas; tal es por lo menos el resultado de las numerosas observaciones de este género que me ha sido dado practicar, tanto por mar como por tierra, en ambos hemisferios. La accion vertical de abajo arriba ha producido en Riobamba, en el año de 1797, el efecto de la esplosion de una mina; los cadáveres de un gran número de habitantes fueron lanzados

mas allá del arroyo de Lican, hasta sobre *la Culca*, colina cuya elevacion es de algunos centenares de pies. Comunmente el sacudimiento se estiende en línea recta ó undulosa en razon de cuatro ó cinco miriámetros por minuto; á veces tambien se dilata á manera de un oleage, y se forman círculos de conmocion cuyos sacudimientos se propagan del centro á la circunferencia, aunque disminuyendo de intensidad. A pesar de la asercion del padre de la historia y de Thephylactus Simocatta, que creian desconocidos los temblores de tierra en Scytia, he probado, durante mi viage al Asia setentrional, que la parte meridional del Altai se halla bajo la doble influencia del centro de conmocion del lago Baikal y de los volcanes de las montañas celestes (Thian-chan). Cuando los círculos de conmocion se cortan, cuando una meseta está situada, por ejemplo, entre dos volcanes activos, pueden resultar muchos sistemas de ondas que se superponen, como en los líquidos, sin descomponerse mútuamente. Aun pudiera haber *interferencia*, como en el caso de las ondas sonoras que se cruzan. Segun una ley general de la mecánica, todo movimiento de vibracion que se transmite al través de un cuerpo elástico, propende á desunir las capas superficiales; en virtud de la misma ley, la onda de conmocion debe crecer, propagándose en la corteza terrestre, á medida que se aproxima á la superficie.

Los medios que se han imaginado para estudiar las ondas de conmocion (el péndulo y la cubeta sismométrica) indican con bastante exactitud su direccion y su intensidad total, pero no su alternancia ó su intumescencia periódica. La ciudad de Quito está situada al pié de un volcan aun en actividad (el Rucu-Pichincha), á 2910 metros sobre el nivel del mar; posee hermosas cúpulas, iglesias elevadas, casas sólidas con muchos pisos, y los temblores de tierra son fre-

cuentes; pero, con gran sorpresa mia, ví que rara vez se grieteaban los muros por estos sacudimientos, al paso que en las llanuras del Perú, oscilaciones mucho menos fuertes maltrataban las chozas de bambú de muy poca altura. Los indígenas, que han sentido temblores de tierra por millares, creen que esta diferencia consiste menos en la larga ó corta duracion de los sacudimientos, en la lentitud ó en la rapidez de la oscilacion horizontal, que en la regularidad de los movimientos que se producen en sentidos contrarios. Los sacudimientos circulares ó giratorios son los mas raros, y son tambien los mas peligrosos. Muros han sido vueltos sin derribarse, alamedas que eran rectilíneas, han formado curvas, campos cubiertos de diferentes cultivos se han corrido unos sobre otros, cuando el gran temblor de tierra de Riobamba en la provincia de Quito, el 4 de febrero de 1797; estos singulares efectos se habian producido ya en Calabria, el 5 de febrero y el 28 de marzo de 1783. Estos terrenos que se corren, estos pedazos de tierra cultivados que se superponen, prueban un movimiento general de traslacion, una especie de penetracion de las capas superficiales; evidentemente el suelo flojo se ha puesto en movimiento como un líquido, y las corrientes se han dirijido primero de arriba abajo, despues horizontalmente, y en fin de abajo arriba. Cuando levantaba el plano de las ruinas de Riobamba, se me mostró el sitio en que, en medio de los escombros de una casa, habian encontrado todos los muebles de otra morada; fué menester que la *Audiencia* (el tribunal) resolviese las cuestiones que se suscitaron sobre la propiedad de objetos que habian sido trasportados así á muchos centenares de metros.

En los paises donde los temblores de tierra son relativamente mas raros (por ejemplo, en la Europa meridional),

se cree generalmente, por consecuencia de una induccion incompleta, que la calma de la atmósfera, que un calor fatigante, que un horizonte cargado de vapores, son los precursores del fenómeno. Este es un error contradicho no solo por mi propia esperiencia, sino tambien por la de todos los observadores que han pasado muchos años en las regiones donde, como en Cumaná, en Quito, en el Perú y en Chile, está el suelo frecuentemente agitado por violentos sacudimientos. He esperimentado temblores de tierra estando el cielo sereno ó el tiempo lluvioso, así mientras reinaba un viento fresco del Este como durante el tiempo borrascoso. Además, me ha parecido que estos fenómenos no ejercian influencia ninguna sobre el movimiento de la aguja magnética; el dia en que acaece un temblor de tierra, las variaciones horarias de la declinacion, y la altura del barómetro no presentan ninguna anomalía bajo los trópicos. Adolfo Erman ha hecho esta misma observacion, en la zona templada, en ocasion de un temblor de tierra que se hizo sentir en Irkutsk, no lejos del lago Baikal (8 de marzo de 1829). Cuando ocurrió el violento sacudimiento del 4 de noviembre de 1799 en Cumaná, noté que la declinacion y la intensidad de la fuerza magnética habian permanecido en su estado normal; pero me admiró el ver cómo la inclinacion de la aguja magnética habia disminuido de 48'. No hallaba motivo ninguno para sospechar hubiese error en esta observacion, mas durante los otros sacudimientos que he esperimentado encontrándome en la meseta de Quito y de Lima, la inclinacion siempre permaneció invariable, así como los demas elementos del magnetismo terrestre. Si generalmente es cierto que nada, en el aspecto del cielo ó en el estado de la atmósfera, puede anunciar á la superficie del globo lo que va á pasar en sus pro-

fundidades, veremos luego, sin embargo, que las capas aéreas podrian bien esperimentar alguna influencia, de los fuertes sacudimientos, cuyo efecto no siempre es puramente dynámico. Así, pues, el estado eléctrico de la atmósfera ha sufrido notables variaciones durante los terremotos que por largo tiempo han agitado el suelo de los valles piamonteses de Pelis y de Clusson.

La intensidad de los ruidos sordos que las mas veces acompañan á los temblores de tierra, no crece en la misma proporcion que la violencia de los sacudimientos. Por el detenido estudio que he hecho de las diversas fases que recorrió el temblor de tierra de Riobamba (4 de febrero de 1797), uno de los mas terribles acontecimientos de que hace mencion la historia física de nuestro globo, puedo afirmar que este gran sacudimiento no se señaló por ningun ruido. La formidable detonacion (*el gran ruido*) que se oyó bajo del suelo de Quito y de Ibarra, pero no en Tacunga ni en Hambato, ciudades sin embargo muy cercanas del centro de conmocion, tuvo lugar 18 ó 20 minutos *despues* de la catástrofe. Al cuarto de hora de haber pasado el célebre temblor de tierra que destruyó á Lima (28 de octubre de 1746), se oyó en Trujillo un trueno subterráneo, pero sin sentir sacudimiento. Del mismo modo, mucho tiempo despues del gran temblor de tierra de la Nueva-Granada (16 de noviembre de 1827) descrito por Boussingault, se oyeron en el valle de Cauca detonaciones subterráneas que se sucedian de 30 en 30 segundos y siempre sin sacudimientos.

La naturaleza del ruido varía mucho: ya parece el de un carro que rueda, ya que brama, ora resuena como el chischás de cadenas que se chocan; ora se produce de un modo brusco é irregular como el estampido de un trueno vecino, ó retumba con estrépito, como si masas de obsidiana

ó de rocas vitrificadas se rompiesen en las cavernas subterráneas. Se sabe que los cuerpos sólidos son escelentes conductores del sonido, y que las ondas sonoras se propagan en la arcilla cocida, diez ó doce veces mas veloz que en el aire: tambien los ruidos subterráneos pueden oirse á una distancia enorme del punto donde se han producido. En Caracas, en las llanuras de Calabozo y á las orillas del Rio-Apure, uno de los afluentes del Orinoco, es decir, en una estension de 1300 miriámetros cuadrados, se oyó una espantosa detonacion, sin esperimentar sacudimiento, en el momento que un torrente de lava salia del volcán San Vicente, situado en las Antillas á una distancia de 120 miriámetros. Esto es lo mismo, con relacion á la distancia, que si una erupcion del Vesubio se hiciese oir en el norte de la Francia. Cuando la gran erupcion del Cotopaxi, en 1744, se oyeron detonaciones subterráneas en Honda, á las orillas del Magdalena: sin embargo, la distancia de estos dos puntos es de 81 miriámetros, su diferencia de nivel es de 5500 metros, y están separados por las masas colosales de las montañas de Quito, de Pasto y de Popayan, por valles y barrancos innumerables. Evidentemente no fué el sonido trasmitido por el aire; se propagó en la tierra, á una gran profundidad. El dia del violento temblor de tierra de la Nueva-Granada, en febrero de 1835, se reprodujeron los mismos fenómenos en Popayan, en Bogotá, en Santa Marta y en Caracas, donde el ruido duró siete horas enteras, sin sacudimientos, en Haiti, en la Jamaica y sobre las orillas del lago de Nicaragua.

Sin embargo, que estos ruidos subterráneos no sean acompañados de sacudimientos, producen siempre una impresion profunda, aun sobre los que han habitado mucho tiempo un suelo sujeto á frecuentes commociones; se espe-

rá con ansiedad lo qué debe seguir á estos bramidos interiores. Tales fueron los *bramidos* y *truenos subterráneos* de Guanajato, rica y célebre ciudad mejicana situada lejos de todos los volcanes activos. Estos ruidos empezaron el 9 de enero de 1784, á media noche, y duraron mas de un mes. He dado una relacion muy circunstanciada de este fenómeno notable, por los documentos que el ayuntamiento de la ciudad habia puesto á mi disposicion, y las referencias de una porcion de testigos. Del 13 al 16 de enero, se hubiera dicho que era una tormenta subterránea; se oian los estampidos secos y cortos del rayo, alternando con el largo retumbar de un trueno lejano. El ruido cesó como habia empezado, es decir, gradualmente. Estaba limitado á un corto espacio; á algunos miriámetros de allí, sobre un terreno basáltico, ya no se oia. Casi todos los habitantes se espantaron; dejaron la ciudad donde se hallaban acumuladas grandes cantidades de plata en barras, y fué menester que los mas animosos volviesen en seguida á disputar estos tesoros á los bandidos que se habian apoderado de ellos. En todo el tiempo que duró este fenómeno, no se sintió ningun sacudimiento, ni en la superficie, ni aun en las minas inmediatas, á 500 metros de profundidad. Jamás, antes de esta época se habia oido semejante ruido en Méjico, y no se ha repetido despues. ¿No se diria que pueden abrirse ó formarse cavernas súbitamente en las entrañas de la tierra, y dar ó rehusar acceso á las ondas sonoras nacidas lejos por varios accidentes?

Por formidable que sea, para el espectador, la erupcion de un volcán, está sin embargo, circunscrita siempre á estrechos límites. No son así los temblores de tierra; apenas distingue el ojo las oscilaciones del suelo, pero sus estragos pueden estenderse á millares de leguas. En los Alpes,

sobre las costas de la Suecia, en las Antillas, en Canadá, en Thuringa, y hasta en los pantanos del litoral del Báltico, se sintieron los sacudimientos del temblor de tierra que destruyó á Lisboa, el 1.° de noviembre de 1755. Rios lejanos fueron desviados de su curso; fenómeno ya señalado en la antigüedad por Demetrius de Callatia. Las aguas thermales de Tœplitz se secaron de repente, volvieron despues á aparecer cargadas de partículas de ocre ferruginoso é inundaron la ciudad. En Cádiz, las aguas del mar se elevaron á 20 metros sobre su nivel ordinario; en las pequeñas Antillas, donde la marea apenas escede de 70 á 75 centímetros, las olas subieron, negras como tinta, á una altura de mas de 7 metros. Háse calculado que los sacudimientos se sintieron, durante esta fatal jornada, en una estension cuatro veces mayor que la que ocupa la Europa. No hay fuerza destructora, sin esceptuar nuestra invencion la mas mortífera, que sea capaz de hacer perecer tantos hombres á la vez, en un espacio de tiempo tan breve: en algunos minutos, ó mejor diré, en algunos segundos, perecieron sesenta mil hombres en Sicilia, en el año de 1693; treinta ó cuarenta mil fueron víctimas del temblor de tierra de Riobamba, en 1797; cinco veces mas tal vez en el Asia menor y en Syria, bajo el reinado de Tiberio y de Justino el anciano, hácia los años 19 y 526.

No es raro ver, en la Cordillera de los Andes de la América del Sud, temblores de tierra prolongarse, sin interrupcion, durante muchos dias; en cuanto á los que se hacen sentir, á cada hora poco mas ó menos, durante meses enteros, no conozco ejemplo mas que en los lugares apartados de todo volcán activo, á saber: sobre la vertiente oriental del Mont Cenis, en Fenestrella y en Pignerolas, desde el mes de abril de 1808; en los Estados-Unidos de

la América del Norte, entre New-Madrid y Sittle-Prairie, al norte de Cincinnati, en diciembre de 1811, y durante el invierno entero de 1812; en fin, en el bajalato de Alepo, hácia los meses de agosto y de setiembre de 1822. En general, no tiene el pueblo mas que nociones muy sucintas sobre los grandes fenómenos de la naturaleza; los atribuye siempre á causas locales, y por todas partes donde los sacudimientos se prolongan, teme al instante la formacion de un volcán. Es muy raro que el acontecimiento justifique este temor; tal fué sin embargo, el caso del volcán de Torullo, que, despues de noventa dias de sacudimientos y de truenos subterráneos, surgió de repente en medio de la llanura, hasta la altura de 510 metros (el 29 de setiembre de 1759).

Si se pudieran tener noticias del estado diario de toda la superficie terrestre, probablemente nos convenceríamos muy pronto que esta superficie está siempre agitada por sacudimientos, en algunos de sus puntos, y que incesantemente está sometida á la reaccion de la masa interior. Cuando se considera la frecuencia y la universalidad de este fenómeno, provocado sin duda por la alta temperatura y por el estado de fusion de las capas inferiores, se comprende que sea independiente de la naturaleza del suelo donde se manifiesta. Aun en los terrenos de aluvion tan flojos de la Holanda, hácia Middelbourg y Hesinga, se han sentido temblores de tierra. Lo mismo se producen en el granito que en el micaschisto, en el calcareo como en el asperon, en el trachito como en la amygdaloide. No es la constitucion química de las rocas, es su estructura mecánica la que influye sobre la propagacion del sacudimiento ó de las ondas de conmocion. Cuando estas ondas siguen un costado, ó cuando se mueven al pié y en la direccion de una cordillera de mon-

tañas, parece que se interrumpen alguna vez en ciertos parages, y esto sucede hace siglos; la conmocion no ha cesado sin embargo: se ha propagado en el interior de la tierra, sin hacerse sentir jamás en esos puntos de la superficie. Los peruanos dicen de esas capas superiores, en que no se siente nunca conmocion, «que forman un puente.» Como las cordilleras de montañas parece haber sido levantadas sobre largos padrastros, es probable que las paredes de estas hendiduras favorezcan la propagacion de las ondas que se mueven en su direccion. Sin embargo, las ondas de conmocion se propagan alguna vez en una direccion perpendicular á la de muchas cordilleras paralelas. Así es como las vemos atravesar á la vez la Cordillera del litoral de Venezuela y la Sierra-Parima. En Asia, los temblores de tierra se han propagado (22 de enero de 1832) desde Lahore y el pie del Himalaya, á través de la cadena del Hindou-Kho, hasta Badakschan, hasta el Oxus superior, y aun hasta Bokhara. Tambien sucede que los círculos de conmocion ganan terreno: basta, para esto, un solo temblor de tierra mas violento que los otros. Despues de la destruccion de Cumaná (14 de setiembre de 1797), y solamente despues de esta época, la península de Maniquarez, situada en frente de las colinas calcáreas del continente, esperimenta, en sus capas de micaschisto, todos los sacudimientos de la costa meridional. Los sacudimientos que agitaron casi sin interrupcion, desde 1811 á 1813, el suelo de los valles del Mississipí, del Arkansas y del Ohio, iban ganando hácia el norte de una manera palpable. Se diria que obstáculos subterráneos se habian derribado sucesivamente; desde que la via está libre se propaga el movimiento undulatorio, cada vez que se produce.

Si, al primer aspecto parece que producen los temblores

de tierra efectos puramente dynámicos, estudiando los hechos mas probados, se reconoce luego que no se limitan á levantar, por cima de su antiguo nivel, paises enteros, tales como la costa de Chile, en noviembre de 1822, y Ulla Bund, en junio de 1819, despues del temblor de tierra de Cutch; dan orígen tambien á erupciones de agua caliente (en Catania, en 1818), á vapores acuosos (en el valle del Mississipí, cerca de New-Madrid, 1812), á mofetas, tan perjudiciales á los rebaños que pacen sobre los Andes, á cienos, á humos negros y aun á llamas (en Mesina, 1783, y en Cumaná, 1797). Durante el gran temblor de tierra que destruyó á Lisboa, el 1.° de noviembre de 1755, se vieron salir llamas, y una columna de humo, cerca de la ciudad, de una grieta nuevamente formada en la roca de Alvidras; cuanto mas intensas se hacian las detonaciones subterráneas, mas se condensaba este humo. Ninguna erupcion hubo durante la catástrofe de Riobamba, á pesar de la vecindad de muchas montañas volcánicas; pero salia del seno de la tierra un gran número de eminencias cónicas, formadas de una materia que los indígenas llaman *moya*: compuesto singular de carbon, de cristales de chorlo y de carapachos silíceos de infusorios. Una gran cantidad de gas ácido carbónico, que salió de las grietas, durante el temblor de tierra de la Nueva-Granada (16 de noviembre de 1827) en el valle del Magdalena, asfixió á una multitud de serpientes, de ratas y otros animales que vivian en las cabernas. En fin violentas sacudidas han ocasionado, en el Perú y en la provincia de Quito, cambios bruscos de temperatura, y la invasion súbita de la estacion de las lluvias antes de la época en que acontece ordinariamente bajo los trópicos. No se sabe si se han de atribuir estos fenómenos á los vapores, que salieron de las entrañas de la tierra y se mezclaron con

la atmósfera, ó á una perturbacion que los sacudimientos hubieran determinado en el estado eléctrico de las capas aéreas. En las regiones intertropicales de la América, pasan algunas veces diez meses enteros sin que caiga del cielo una sola gota de agua, y los indígenas miran los temblores de tierra que se repiten á menudo, sin perjudicar á sus chozas de bambú, como felices precursores de lluvias fecundantes.

El orígen comun de los fenómenos que acabamos de describir, está todavía rodeado de oscuridad. Sin duda, es menester atribuir á la reaccion de los vapores sometidos á una presion enorme, en el interior de la tierra, todos los sacudimientos que agitan la superficie, desde las esplosiones mas formidables hasta esos débiles sacudimientos, de ningun modo peligrosos, que se sintieron, por espacio de muchos dias, en Scaccía en Sicilia, antes del levantamiento volcánico de la nueva isla de Julia; es evidente que el foco donde estas fuerzas destructoras nacen y se desarrollan, está situado debajo de la corteza terrestre; pero ¿á qué profundidad? Lo ignoramos, lo mismo que ignoramos la naturaleza química de esos vapores tan violentamente comprimidos. Cuando estuve en observacion sobre las orillas del Vesubio ó sobre la roca que se eleva como una torre por cima del cráter del Pichincha, sentia constantemente los sacudimientos 20 ó 30 segundos antes de la erupcion de los vapores ó de las escorias candentes; cuanto mas tardías eran las esplosiones, mas fuertes eran los sacudimientos, porque entonces se habian acumulado los vapores en mayor cantidad. En esta observacion, tan sencilla y tantas veces confirmada por la esperiencia de todos los viageros, es en la que se halla la esplicacion general del fenómeno. Los volcanes activos deben mirarse como válvulas de seguridad pa-

ra las comarcas vecinas. Si la abertura del vólcan se cierra; si la comunicacion del interior con la atmósfera se halla interrumpida, el peligro aumenta, y las comarcas vecinas están amenazadas de prontos sacudimientos. Sin embargo, los mas fuertes temblores de tierra no se producen, por lo general, cerca de los volcanes activos, y de ello dan testimonio los que trajeron la destruccion de Lisboa, de Caracas, de Lima, de Cachemira y de un número considerable de ciudades en Calabria, en Syria y en el Asia menor.

Si la actividad de los volcanes, cuando no halla salida, obra sobre el suelo y provoca temblores de tierra, estos obran á su vez sobre los fenómenos volcánicos. Las hendiduras ayudan á la formacion de los cráteres de erupcion; favorecen las reacciones químicas que el contacto del aire enjendra en estos cráteres. Una columna de humo que se veia salir del vólcan de Pasto, en la America del Sud, desapareció súbitamente, el 4 de febrero de 1797, durante el gran temblor de tierra que destruyó á Riobamba, 36 miriametros mas lejos hácia el sud. Temblores de tierra que se hacian sentir en toda la Syria, en las Cyclades, y en Eubea, cesaron de pronto, en el momento mismo en que un torrente de materias igneas saltaba en las llanuras de Chalcis. Al referir este hecho, el célebre geógrafo de Amasea añade: «Desde que están abiertas las bocas del Etna y vomitan fuego, desde que pueden ser arrojadas fuera masas de agua y de lavas en fusion, está menos sugeto el litoral á los temblores de tierra que en la época en que, antes de la separacion de la Sicilia y de la Italia inferior, estaban cerradas todas las salidas.»

Así la potencia volcánica interviene en los temblores de tierra; pero esta potencia, universalmente repartida como el calor central del planeta, se eleva sola y rara vez en algu-

nos puntos aislados, hasta producir fenómenos de erupcion. Las masas liquidadas de basalto, de melaphiro y de grunstein que surgen del interior, llenan poco á poco las grietas y acaban por cerrar toda salida á los vapores. Entonces se acumulan estos, crece su tension, y su reaccion contra la corteza terrestre puede ejercerse de tres maneras distintas: conmueven el suelo, ó lo levantan bruscamente, ó hacen variar con lentitud la diferencia del nivel entre los continentes y los mares. Esta última accion no se hace sensible sino al cabo de largos años; por la primera vez, ha sido observada, sobre una estension considerable de la Suecia.

Antes de dejar este gran fenómeno, que hemos considerado mucho menos en sus detalles que en sus relaciones generales con la física del globo, debo señalar tambien el origen de la impresion profunda, y del efecto enteramente particular que produce en nosotros el primer temblor de tierra que sentimos, aun cuando no sea acompañado de ningun ruido subterráneo. Esta impresion no proviene, á mi parecer, de lo que ofrecen entonces confusamente á nuestra imaginacion las imágenes de las catástrofes de que la historia ha conservado recuerdo. Lo que nos sobresalta es que de pronto perdemos nuestra confianza innata en la estabilidad del suelo. Desde nuestra infancia estamos habituados al contraste de la movilidad del agua con la inmovilidad de la tierra. Todos los testimonios de nuestros sentidos habian fortificado nuestra seguridad. El suelo acaba de temblar, este momento basta para destruir la esperiencia de toda la vida. Es un poder desconocido el que se revela de repente; la calma de la naturaleza no era mas que una ilusion, y nos sentimos arrojados violentamente á un caos de fuerzas destructoras. Entonces cada ruido, cada bocanada de aire escita la atencion; y sobre todo se desconfia del

suelo sobre que se marcha. Los animales, principalmente los cerdos y los perros, esperimentan esta angustia; los cocodrilos, de Orinoco, ordinariamente tan mudos como nuestras lagartijas, huyen del lecho conmovido del rio y corren rugiendo hácia el bosque.

Un temblor de tierra se presenta al hombre como un peligro indefinible, pero amenazador por todas partes. Puede alejarse de un volcán, puede evitar un torrente de lava, pero ¿adónde huir cuando la tierra tiembla? por donde quiera se cree marchar sobre un foco de destruccion. Felizmente los resortes de nuestra alma no pueden permanecer en esta tirantez por mucho tiempo, y los que habitan un pais donde los sacudimientos son débiles y se siguen á cortos intérvalos, esperimentan apenas una impresion de temor. En las costas del Perú, el cielo está siempre sereno; no se conoce el granizo ni las tormentas, ni las temibles esplosiones del rayo; el trueno subterráneo que acompaña á los sacudimientos del suelo, remplaza al trueno de las nubes. Gracias á un largo hábito y á la opinion muy estendida de que solo hay que temer dos ó tres sacudimientos desastrosos en cada siglo, casi no inquietan mas en Lima los temblores de tierra, que la caida del granizo en la zona templada.

Despues de haber considerado la tierra como orígen de calor, de corrientes electro-magnéticas, de la luz de las auroras polares, y de los movimientos irregulares que agitan su superficie, nos resta describir los productos materiales de las fuerzas que animan á nuestro planeta, y las modificaciones químicas de que sus capas superiores y la atmósfera misma son teatro. Vemos saltar del suelo vapores acuosos, efluvios de gas ácido carbónico, casi siempre sin mezcla de azóe; gas hidrógeno sulfurado, vapores sulfurosos,

pocas veces vapores de ácido sulfuroso ó de ácido hidroclórico; en fin, gas hidrógeno carbonado, de que se sirven, hace millares de años, en la provincia china de Sse-tchuan para el alumbrado y para calentarse, y que acaba de aplicarse recientemente á los mismos usos en los Estados-Unidos de América, en Fredonia, pequeña ciudad del Estado de Nueva-York. Las grietas de donde se escapan estos gases y estos vapores no se presentan solamente en la vecindad de los volcanes; se encuentran tambien en las comarcas donde faltan el traquito y las otras rocas volcánicas. En la cordillera de Quindiu, á 2080 metros sobre el nivel del mar, he visto ardientes vapores sulfurosos depositar azufre en el micaschisto, y al sud de Quito, cerca de Ticsan, en el Cerro-Cuello, esta misma roca que poco antes se miraba como una roca primitiva, encierra un enorme lecho de azufre en medio del cuarzo puro.

De todas estas emanaciones gaseiformes, las mas numerosas y las mas abundantes son las de ácido carbónico, que tambien se llaman *mofetas*. En las regiones volcánicas, como son, en Alemania, el valle profundamente barrancoso del Eifel, las cercanías del lago Lach, el circo de Wehr y la Bohemia occidental, las emisiones de ácido carbónico aparecen como último esfuerzo de la actividad volcánica. En las épocas anteriores, el calor mas fuerte del globo terrestre y el considerable número de padrastros que las rocas igneas no habian todavia colmado, favorecieron poderosamente estas emisiones; grandes cantidades de vapores de agua caliente y de gas ácido carbónico se mezclaron á la atmósfera y produjeron, bajo casi todas las latitudes, esta vegetacion exuberante, esta plenitud de desarrollo orgánico de que Adolfo Brongniart ha delineado el cuadro. En las regiones siempre cálidas, siempre húmedas, de esta atmós-

fera sobrecargada de gas ácido carbónico, encontraron los vegetales condiciones tan favorables á su desarrollo y una abundancia tal de sustancias propias á su nutricion, que pudieron formar los materiales de las capas de hornaguera y de combustible leñoso, manantiales casi inagotables de fuerza física y de bienestar para las naciones. Estos lechos de combustibles se hallan principalmente distribuidos en depósitos que la naturaleza parece haber concedido con especialidad á ciertas regiones de Europa, tales como las islas Británicas, Bélgica, Francia, las provincias rhinianas inferiores y la Silesia superior. La enorme cantidad de ácido carbónico cuya combinacion con la cal ha producido las rocas calcáreas, y de la que contribuye el carbono solo, con una octava parte próximamente á formar estas poderosas capas, salió entonces del seno de la tierra, bajo el influjo predominante de las fuerzas volcánicas. Lo que las tierras alcalinas no pudieron absorber, se esparció en la atmósfera, nutriéndose de ello sin cesar los vegetales del antiguo mundo; el aire, purificado así por el desarrollo de la vida vegetal, no contiene ya en nuestros dias mas que una proporcion de gas ácido carbónico estremadamente débil y sin ningun influjo deletéreo sobre las organizaciones animales del mundo actual. Entonces tambien, abundantes emisiones de ácido sulfúreo vaporizado han causado gradualmente la destruccion de los moluscos y de los pescados, cuyas numerosas especies habitaban en las aguas del antiguo mundo; y han formado las capas de yeso espejuelo ó cristalizado redondeadas en todos sentidos, y sometidas á la sazon, no hay que dudarlo, á frecuentes sacudimientos.

Causas físicas análogas hacen brotar aun en el dia, del seno de la tierra, gases, líquidos, fango y lavas derretidas; estas salen de los cráteres de erupcion que pueden consi-

derarse como especies de manantiales intermitentes. Todas estas materias deben su temperatura y su constitucion química á los lugares mismos de donde surgen. El calor medio de los manantiales es inferior al de la atmósfera, cuando sus aguas descienden de las alturas. Su calor aumenta con la profundidad de las capas que atraviesan; ya hemos indicado la ley numérica de esta progresion. Las aguas que provienen de lo alto de las montañas, pueden mezclarse á las del interior de la tierra; y resulta que la temperatura de los manantiales no dá siempre con exactitud la posicion de las líneas *isogeothermas* (líneas de igual temperatura interna de la Tierra); mas de una ocasion hemos tenido de notarlo en el Asia setentrional mis compañeros de viage y yo. La temperatura de los manantiales, de que tanto se han ocupado los físicos hace medio siglo, es, como el límite de las nieves eternas, el producto de causas muy complexas y muy numerosas. Es funcion de la temperatura de la capa terrestre por donde salen, del calor específico del suelo, en fin, de la cantidad y de la temperatura de las aguas pluviales; luego este último elemento difiere esencialmente de la temperatura de las capas inferiores de la atmósfera.

Para que los manantiales frios puedan dar fielmente la temperatura media, es menester que esten depurados de toda mezcla con las aguas que descienden de las alturas, ó con las que vienen de las capas muy profundas; deben, ademas, recorrer un largo trecho snbterráneo, á una profundidad constante de 13 á 19 metros, en nuestros climas, y de 1 metro solamente, segun Boussingault, en las regiones equinocciales. En efecto, las capas cuya profundidad acabamos de indicar son, en esas regiones diversas, aquellas en que la temperatura comienza á ser constante;

en otros términos, son las capas donde las variaciones horarias, diurnas y aun mensuales de la atmósfera cesan de hacerse sentir.

Se encuentran nacimientos thermales en toda especie de terreno y aun los nacimientos permanentes mas cálidos se han hallado lejos de los volcanes. Voy á citar aqui dos ejemplos estractados de mis diarios de viage: estos son las *Aguas calientes de las Trincheras* en la América del Sud, entre Porto Cabello y Nueva-Valencia, y las *Aguas de Comangillas*, cerca de Guanaxuato, en el imperio de Méjico. Las primeras salen del granito; tenian 90°, 3; las segundas salen del basalto, y marcaban 96°, 4. Por lo que sabemos sobre el acrecentamiento del calor en el interior de la tierra, las capas donde estas aguas han adquirido una temperatura tan elevada, deben estar situadas á una profundidad de 2200 metros. Si el calor interno de la tierra es la causa general que produce los nacimientos calientes, las rocas que estos atraviesan no pueden modificar la temperatura, sino en virtud de su permeabilidad ó de su capacidad para el calor. Los mas cálidos de todos los nacimientos permanentes, aquellos cuya temperatura es de 95° ó de 97, son tambien los mas puros y los menos cargados de materias minerales en disolucion; su calor parece ser menos constante que el de los nacimientos comprendidos entre 50° y 74.° La invariabilidad de estos, bajo la relacion de la temperatura y de la composicion química, se ha mantenido de una manera bien notable, al menos en Europa, hace cincuenta ó sesenta años, es decir, desde que la exactitud de nuestras medidas thermométricas y de nuestros análisis ha permitido probarla. Boussingault ha encontrado que las thermas de Las Trincheras han variado cerca de 7° en veintitres años; su temperatura ha montado de 90°, 3

á 97°, desde mi viage en 1800, hasta 1823, época del de Boussingault. Este manantial, cuyas aguas corren con la mayor regularidad, es pues, al presente de cerca de 7° mas caliente que los manantiales intermitentes del Geyser y del Strokr, recientemente estudiados, con un cuidado estremo, por Krug de Nidda. La aparicion súbita del Jorullo, volcan nuevo, cuya existencia era desconocida antes de mi viage á América, ha demostrado que los manantiales de agua caliente pueden provenir de las aguas pluviales que caen en el interior de la tierra, para reaparecer mas lejos, despues de haber estado en contacto con un foco volcánico. Cuando el Jorullo se elevó repentinamente en setiembre de 1759, á 513 metros por cima de las llanuras circundantes, dos riachuelos, Rios de Cuitimba y de San Pedro, desaparecieron á la vez: algun tiempo despues, fuertes sacudimientos les abrieron una salida, y reaparecieron bajo forma de nacimientos thermales. En 1803, medí su temperatura: era de 65°, 8.

Es cierto que los manantiales de la Grecia corren actualmente en los lugares mismos por donde corrian en los tiempos helénicos. El manantial de Erasinos, situado á dos horas de camino al sud de Argos, sobre la vertiente del Chaon, fué citado por Herodoto. En Delfos se vé aun la Cassotis (actualmente la fuente de San Nicolás), que sale de la tierra, al sud de Lesché, y que atraviesa el templo de Apolo; la Castalia corre siempre al pié del Parnaso, y el Pirene cerca del Acrocorintho; las thermas de Ædepso, donde Syla se bañaba, durante la guerra de Mithridates, existen aun hoy en Eubea. Cito con gusto estos detalles: ellos muestran que en aquel pais tan frecuentemente agitado por violentos temblores de tierra, las capas interiores han conservado, al menos hace dos mil años, su forma primi-

tiva y hasta las pequeñas grietas de donde se derraman las aguas de estos manantiales. La *Fuente surtidora* de Lillers, departamento del Pas-de-Calais, fué barrenada hácia el año de 1126; desde esta época ha corrido sin interrupcion, á la misma altura y con la misma abundancia. En fin, el hábil geógrafo de las costas de la Caramania, el capitan Beaufort, ha visto brillar, cerca de la antigua Phaselis, las llamas volcánicas que Plinio ha descrito como llamas vomitadas por la Chimere de Lycia.

Haciendo notar Arago desde 1821, que cuanto mas profundos son los pozos artesianos, mas calientes estan las aguas, ha esclarecido singularmente la teoría de los nacimientos thermales; esta observacion abre una nueva via á las investigaciones que tienen por objeto fijar la ley del descrecimiento del calor interno del globo. En estos últimos tiempos se ha reconocido que San Patricio, obispo de Pertusa, se habia formado á fines del tercer siglo una idea muy exacta de estos fenómenos, por el exámen de los manantiales de agua caliente de Cartago. Se le preguntó cuál podia ser el orígen de estas aguas que salian hirviendo del seno de la tierra, y respondió: «No solamente las nubes, sino tambien las profundidades de la tierra contienen fuego, como os demuestra el Etna y otra montaña de las cercanías de Nápoles. Las aguas subterráneas montan por especies de cantimploras; las aguas que corren lejos del fuego interior aparecen frias; aquellas cuyo manantial está vecino de este fuego se calientan y llegan á la superficie de la tierra que habitamos, con un calor insoportable.»

Pues que los temblores de tierra son frecuentemente acompañados de emisiones de agua y de vapores, se pueden considerar las *salvas*, ó pequeños volcanes de lodo, como formando la transicion de los chorros de vapor y de los

manantiales thermales, á las tremendas erupciones de los montes ignivomes. En efecto, si los volcanes, estas fuentes irregulares de materias derretidas, dan orígen á las rocas volcánicas, por su parte los nacimientos thermales, cuyas aguas estan cargadas de ácido carbónico y de gas sulfuroso, producen, por via de depósito de una manera lenta, pero contínua, capas de travertin horizontalmente sobrepuestas; ó forman montecillos cónicos, en Argelia, por ejemplo, y en los baños de Caxamarca, sobre la vertiente occidental de las cordilleras peruanas. Carlos Darwin, halló restos de una vegetacion primitiva en el travertin de la tierra de Van-Diémen, cerca de Hobart-Town. Hemos citado estas dos rocas, la lava y el travertin, cuya produccion se continúa aun á nuestra vista, á fin de señalar los dos estremos de las formaciones geológicas.

Las *salsas*, ó volcanes de lodo, me parece que merecen mas atencion que la que los geólogos acostumbran concederle. Se ha desconocido el grandor de este fenómeno, porque, de las dos fases que presenta, la última, es decir, el periodo de calma en que las salsas persisten durante siglos, es la única de que se han ocupado. La aparicion de las salsas es acompañada de temblores de tierra, de truenos subterráneos, de conmociones de comarcas enteras y arrojan llamas que se elevan mucho, pero de corta duracion. Cuando se formó la salsa de Jokmali, el 27 de noviembre de 1827, en la península de Abscheron, al oriente de Bakou (mar Caspio), subieron las llamas á una altura estraordinaria, y duró tres horas este fenómeno. Durante las veinte horas siguientes, apenas se elevaron un metro sobre el cráter de donde se derramaba el lodo. Cerca del lugar de Baklichi, al oeste de Bakou, fué tan alta la columna de llama que se percibia á una distancia de 4 ó 5 miriámetros.

Enormes piedras, arrancadas sin duda de grandes profundidades, se lanzaron lejos. Se hallan piedras de este género en los alrededores de la salsa, hoy en calma, del monte Xibio, cerca de Sassuolo, en la Italia setentrional. Hace quince siglos, que la salsa siciliana de Girgenti (Macalubi) de que los antiguos nos han dejado una descripcion, se mantiene en el segundo periodo de su actividad. Esta salsa se compone de montecillos cónicos dispuestos por ringleras de 2, 3 y aun de 30 metros de elevacion, siendo esta variable, asi como su forma. El pilon superior es muy pequeño y lleno de agua; corren de él torrentes de fango arcilloso, acompañados de desprendimientos periódicos de gas. Ordinariamente son frios estos lodos; alguna vez estan calientes, por ejemplo en la isla de Java, en Damak, provincia de Samarang. Las erupciones gaseiformes, acompañadas de ruido, son tambien de naturaleza variable: se ha hallado hidrógeno mezclado con vapores de nafta, gas ácido carbónico, y aun azoe casi puro. La existencia de este último gas se ha probado por Parrot, en la península de Taman, y por mí en los volcancitos de Turbaco (América del sud).

La aparicion de los volcanes de lodo ofrece siempre un carácter de violencia, aunque no hay tal vez dos fenómenos de este género que lo ofrezcan en el mismo grado; despues de esta primera erupcion acompañada de llamas, presentan al observador la imágen de una actividad interior del globo terrestre, débil, es verdad, pero contínua y que siempre gana terreno. La comunicacion con las capas profundas, donde reina un calor intenso, es prontamente interrumpida, y las erupciones de lodos frios muestran que el sitio del fenómeno desde que ha llegado á su segunda fase, no está tal vez muy lejos de la superficie. La reaccion del interior

del globo contra su corteza esterior, se manifiesta con un poder enteramente distinto en los volcanes propiamente dichos, esto es, en los puntos donde existe una comunicacion, ya permanente, ya periódicamente renovada, con un foco situado á gran profundidad. Hay que distinguir con cuidado entre los efectos volcánicos mas ó menos pronunciados, tales como los temblores de tierra, los manantiales de agua caliente ó de vapores, los volcanes de lodo, la ereccion de montañas de traquito en forma de cúpula ó campana, pero sin escavacion, la formacion de una abertura en la cima de estas montañas ó la de un cráter de levantamiento en los terrenos basálticos, la aparicion final de un volcan permanente en el mismo cráter de rompimiento, ó en medio de los restos de su construccion primitiva. En épocas diferentes y segun los diversos grados de su actividad ó de su poder, emiten los volcanes permanentes vapores acuosos ó ácidos, escorias candentes, y, cuando las resistencias son vencidas, estrechas corrientes de lava derretida en forma de largos arroyos de fuego.

La reaccion del interior de nuestro planeta se ha manifestado aun con grande energía, pero de una manera local, cuando porciones aisladas de la costra terrestre han sido solivientadas, por los vapores elásticos, en cúpulas redondas de traquito feldspathico y de dolérita (Puy de-Dóme y Chimborazo); ó cuando las capas empujadas de abajo arriba, han sido rotas, despues levantadas esteriormente en términos de producir un tajo interior y formar así el circuito de un cráter de rompimiento. Si este fenómeno se ha producido en el fondo del mar, lo que no es de ningun modo el caso general, el cráter de rompimiento ofrece entonces el aspecto de una isla volcánica. Así es como se formó el circo de Nisyres, en el mar Egeo, y el de Palma.

de que Leopoldo de Buch ha dado una sábia descripcion. Sucede á veces que una mitad del circuito es destruida y el mar abre estanques en que las familias de los corales construyen sus moradas celulares. Aun sobre los continentes, los cráteres de rompimiento estan frecuentemente llenos de agua; entonces dan á los paisages un carácter particular y un aspecto eminentemente pintoresco. Su formacion es independiente de la naturaleza de los terrenos: se producen igualmente en el basalto, en el traquito, en el pórfiro leucítico (somma), ó en las mezclas de chorlo y de labrador, análogas á la dolérita. Aquella es la que dá á las orillas de los cráteres una variedad tan grande de aspecto. «Estos circuitos no presentan ninguna apariencia de erupcion (no se ha abierto comunicacion permanente con un foco subterráneo), y es raro hallar, sea en el interior, sea en la vecindad de estos cráteres, vestigios de una actividad volcánica aun existente. La fuerza que ha producido efectos tan considerables, ha debido estar mucho tiempo acumulada y reforzada en el interior antes de haber podido vencer la resistencia que oponia la presion de la masa superior, y de haber podido levantar, por ejemplo, nuevas islas sobre el nivel del mar, rompiendo rocas de textura granada y conglomeratos (capas de toba que contienen plantas marinas). Los vapores fuertemente comprimidos se escapan por estos cráteres de rompimiento, pero la enorme masa levantada así vuelve á caer y cierra al instante la abertura que no ha podido formarse sino por un momento y por tal esfuerzo, y no se produce volcan.

Un volcan propiamente dicho no existe mas que donde se ha formado una comunicacion permanente del interior del globo terrestre con la atmósfera. Entonces la reaccion del interior contra la superficie procede por largos periodos.

Puede, como sucedió en otro tiempo con el Vesubio (Fisove), interrumpirse durante siglos, y reproducirse luego con una energía nueva. En Roma se inclinaban, en tiempo de Neron, á clasificar el Etna entre los volcanes que se apagan poco á poco; despues afirmó Ælien que la cima se rebajaba y que los navegantes no podian percibirla ya desde tan lejos como antes. Si los rastros de la primera erupcion subsisten, si la construccion primitiva, permítaseme emplear esta palabra, se ha conservado intacta, se vé elevarse el volcan en el centro de un cráter de rompimiento; el cono de erupcion está rodeado de un baluarte circular de rocas cuyos sillares han sido fuertemente levantados. Alguna vez se hallan apenas vestigios del circuito que ha formado primero esta especie de circo, y el volcan, cuya forma no es siempre circular, se eleva inmediatamente sobre una llanura, como una cumbre prolongada; tal es el Pichincha, al pié del cual está edificada la ciudad de Quito.

Lo mismo que la naturaleza de las rocas, es decir, la mezcla ó la asociacion de las especies minerales simples que se reunen para formar el granito, el gneis y el micasquisto ó el traquito, el basalto y la dolérita, es completamente independiente de nuestros climas actuales y permanece en un mismo estado bajo todas las latitudes, asimismo vemos por todas partes las propias leyes presidir al órden de superposicion de las capas de que se compone la corteza terrestre, á sus penetraciones mútuas y á los efectos de su conmocion. Sobre todo, al aspecto de los volcanes es donde se nota esta identidad general de forma y de estructura. Cuando el navegante, alejado de su patria, ha llegado bajo otros cielos donde estrellas desconocidas han remplazado á las constelaciones acostumbradas, ve, en las islas de los mares lejanos, palmeras, arbustos nuevos para él, y las estrañas

formas de una flora exótica; pero la naturaleza inorgánica le ofrece aun sitios que le recuerdan las cimas redondas de las montañas de la Auvernia, los cráteres de rompimiento de las Canarias ó de las Azores, el Vesubio y las grietas eruptivas de la Islandia. Un golpe de vista sobre el satélite de nuestro planeta permite generalizar la analogía que acabamos de señalar. Las cartas de la Luna, diseñadas con la ayuda de telescopios medianos nos muestran la superficie de este astro sembrada de vastos cráteres de rompimiento, que rodean eminencias cónicas, ó que las sostienen en sus recintos circulares. Es imposible desconocer aquí los efectos de una reaccion del interior del globo lunar contra las capas esteriores, reaccion eminentemente favorecida por la debilidad del peso que reina en la superficie de nuestro satélite.

Si los volcanes llevan con justo título, en muchas lenguas, el nombre de montañas ignivomes, no se puede deducir de esto que estas montañas han sido siempre formadas por la acumulacion incesante de las corrientes de lava. Mas bien parece resultar su formacion, en general, de un rompimiento brusco de las masas reblandecidas de traquito, ó de augito mezclado con el labrador. La altura del volcan da la medida de la fuerza que lo ha producido; esta altura es tan variable, que ciertos cráteres apenas tienen las dimensiones de una simple colina (tal es el volcan de Cosima, una de las kouriles japonesas), mientras que en otra parte se ven conos de 6000 metros de elevacion. Me parece que la altura de los volcanes influye mucho en la frecuencia de las erupciones; que su actividad estaba en razon inversa de su altura. Considérese, en efecto, la serie siguiente: El Stremboli (707 metros) en la provincia de Quiros, el Guacamayo, que truena casi todos los dias (muchas veces lo he

oido cerca de Quitó, á una distancia de 16 miriámetros); el Vesubio (1181 metros); el Etna (3313 metros); el Pico de Tenerife (3711 metros); el Cotopaxi (5812 metros). Si los focos de todos estos volcanes están situados á la misma profundidad, es evidente que la fuerza necesaria para elevar la masa de lava en fusion hasta sus cimas, debe crecer con sus alturas. No hay, pues, que admirarse si el mas pequeño de todos, el Stromboli (Strongyle), está en plena actividad desde el tiempo de Homero, y sirve aun hoy de faro á los navegantes, mientras que volcanes seis ú ocho veces mas elevados parecen condenados á largos intérvalos de inaccion. Tales son en la mayor parte, los colosos que coronan las Cordilleras; sus erupciones apenas se renuevan una vez por siglo. Esta ley, que he señalado hace mucho tiempo, esperimenta, á la verdad, algunas escepciones: pero puede desaparecer toda dificultad admitiendo que la comunicacion del cráter con el foco volcánico no tiene el mismo grado de libertad, de una manera permanente, en todos los volcanes. Además, el canal de comunicacion de un volcan poco elevado podria obliterarse durante cierto periodo de tiempo y por consecuencia podrian amainar sus erupciones, sin que esto autorizara á creer próxima su estincion.

Las consideraciones precedentes sobre la relacion que existe entre las alturas absolutas de los volcanes y la frecuencia de sus erupciones, nos conducen naturalmente al exámen de las causas que determinan el desparramiento de la lava en tal ó tal punto de una montaña volcánica. Raramente se hace la erupcion por el cráter mismo; casi siempre se efectúa por aberturas laterales, hácia los puntos donde la pared de la montaña ofrece menos resistencia; esta observacion se ha hecho sobre el Etna, desde el siglo XVI, por un jóven que fué mas tarde el célebre historiador Bem-

bo. Alguna vez se forman conos de erupcion sobre estas hendiduras laterales; las mas grandes pasan frecuentemente, pero con equivocacion, por volcanes nuevos; y siguen en la misma direccion de la hendidura que se ha cerrado. Los conos menos elevados son redondos en forma de campana ó de colmena, y estan reunidos por grupos sobre muy grande estension de terreno. Tales son: los *hornitos* de Jorullo, los conos que surgieron en los costados del Vesubio durante la erupcion de octubre de 1822, los del volcan de Awatcha, segun Postels, y los del Lavenfeld, cerca de los montes Baidares, en el Kamtschatka, segun Ermann.

En lugar de estar libres y aislados en medio de las llanuras, pueden estar los volcanes rodeados, como los de la doble cadena de los Andes de Quito, de una llanura elevada tres ó cuatro mil metros. Esta circunstancia bastaria tal vez para esplicar los fenómenos particulares á este género de volcanes, cuyo cráter no vomita jamás lava, ni aun en medio de formidables erupciones de escorias incandescentes y de esplosiones que se hacen oir á mas de cien leguas. Tales son los volcanes de Popayan, los de la llanura de Los Pastos, y los de los Andes de Quito, salvo el volcán de Antisana, único, tal vez, que se esceptúa entre estos últimos.

Lo que dá á un volcan su fisonomía particular, es, primero, la altura del cono de cenizas, despues la forma y el grandor de su cráter; pero estos dos elementos principales de la configuracion general de las montañas ignívomes, el cono de cenizas y el cráter, no dependen de ningun modo de las dimensiones de la misma montaña. Así, la altura del cono de cenizas del Vesubio es el tercio de la montaña entera; para el Pico de Tenerife, es esta altura $\frac{1}{22}$ solamente de la altura total, y sin embargo el Vesubio está tres

veces menos elevado que el Pico. En esta relacion, un volcán mucho mas grande que el de Tenerife se aproxima al del Vesubio, cual es el Rucu-Pinchincha. De todos los volcanes que he podido ver en los dos hemisferios, el Cotopaxi es el que tiene el cono mas regular y mas pintoresco. El derretimiento repentino de las nieves que cubren la cima, anuncia una erupcion próxima; antes que el humo suba al aire rareficado que baña la cima y la abertura del cráter, se encienden las paredes del cono de cenizas y brillan con una luz rojiza, mientras la montaña aparece como una enorme masa negra, de un aspecto siniestro.

Situado casi siempre sobre la cima de la montaña, forma el cráter un valle profundo en forma de cono troncado, cuyo fondo es frecuentemente accesible á pesar de sus contínuos cambios. La mas ó menos profundidad del cráter es tambien un indicio que permite juzgar si la última erupcion es reciente ó antigua. Largas grietas de donde escapan torrentes de humo ó pequeñas escavaciones circulares llenas de materias en fusion, se abren y se cierran alternativamente en este valle. El fondo se infla y se baja; se levantan montecillos de escorias y conos de erupcion que surgen á veces por cima de las orillas del cráter y cambian así el aspecto de la montaña para años enteros; pero á la erupcion siguiente vuelven á caer estos conos y desaparecen de repente. Las aberturas de estos conos de erupcion que surgen del interior del cráter, no deben confundirse, como sucede muy á menudo, con el cráter mismo que los encierra. Si este último es inaccesible á causa de su profundidad y del escarpe de sus paredes, como sucede en el Rucu-Pichincha (4855 m.); al menos puede uno colocado sobre la orilla considerar las cimas del cono que se eleva del fondo del valle interior, en medio de los vapores sulfurosos, que

es un magnífico espectáculo; nunca se me ha ofrecido la naturaleza bajo un aspecto mas grandioso que en los bordes del cráter del Pichincha. En el intérvalo de dos erupciones puede ser que un volcan no produzca ningun fenómeno luminoso, sino solo vapores de agua caliente que salen de las grietas; ó bien se hallan, sobre el area apénas caliente del cráter, montecillos de escorias á que es posible acercarse sin peligro. En este último caso, el geólogo viagero puede entregarse sin temor á la satisfaccion de ver en miniatura el espectáculo de una erupcion: masas de escorias inflamadas, arrojadas sin cesar por estos pequeños volcanes, vuelven á caer sobre los costados de los montecillos, y cada esplosion se anuncia regularmente por un temblor de tierra puramente local. La lava sale algunas veces de las grietas ó de los pozos que se forman en el cráter mismo; pero esta lava no llega á romper las paredes ni á derramarse por cima de los bordes. Si no obstante tiene lugar una rotura en los costados de la montaña, la evacuacion de lava derretida sale por allí, y la corriente ignea sigue una direccion tal, que el fondo mismo del cráter, propiamente dicho, no deja de ser accesible en la época de estas erupciones parciales. Para dar una idea exacta de estos fenómenos tan frecuentemente desfigurados por narraciones fantásticas, hemos debido insistir en la descripcion de la forma y de la estructura normal de los montes ignivomes; y sobre todo hemos debido fijar el sentido de las palabras *cráteres, volcanes, conos de erupcion,* cuya vaguedad y las acepciones diversas han introducido tanta confusion en esta parte de la ciencia.

Los bordes del cráter están menos espuestos á variar de lo que se cree á primera vista, pues la comparacion de las medidas de Saussure con las mias, ha mostrado que, en un

intérvalo de cuarenta y nueve años (de 1773 á 1822), el borde del Vesubio, situado hácia el noroeste (Rocca del Palo) ha conservado la misma altura sobre el nivel del mar; al menos en el límite de los errores de la observacion.

Los volcanes que se elevan por cima del límite de las nieves perpetuas, como los de la cadena de los Andes, presentan fenómenos particulares. Las masas de nieve que los cubren se derriten súbitamente durante las erupciones, y producen inundaciones temibles, torrentes que arrastran revueltos témpanos de hielo y escorias humeantes. Estas nieves ejercen tambien una accion contínua durante el periodo de reposo del volcan, por sus infiltraciones incesantes en las rocas de traquito. Las cavernas que se hallan en los costados de la montaña ó en su base se trasforman poco á poco en depósitos subterráneos que estrechos canales hacen comunicar con los riachuelos alpestres de la llanura de Quito. Los pescados de los riachuelos van á multiplicarse, con preferencia, á las tinieblas de las cavernas; y cuando los sacudimientos que preceden siempre á las erupciones de las cordilleras, conmueven la masa entera del volcan, las bóvedas subterráneas se abren de repente y espulsan á la vez agua, pescados y lodo con toba. Tal es el singular fenómeno que ha hecho conocer á los habitantes de las llanuras de Quito el pequeño pescado *Pimelodes Cyclopum*, que ellos llaman *Preñadilla*. En la noche del 19 al 20 de junio de 1698 se desplomó de repente, salvo los enormes pilares, últimos vestigios del antiguo cráter, la cima del monte Carguairazo, de 6000 metros de altura; y los terrenos circunvecinos fueron cubiertos de toba desleida y de fango arcilloso (lodazales) que contenia pescados muertos; quedando estériles en una estension de cerca de siete leguas cuadradas. Las fiebres perniciosas que se declararon siete

años despues, en la ciudad de Ibarra, al norte de Quito; se atribuyeron á la putrefaccion de un gran número de pescados muertos que habia arrojado el volcan Imbabaru.

Como los lodos y las aguas no salen del cráter mismo, sino de las cavernas que existen en la masa traquítica de la montaña, no es un fenómeno volcánico su aparicion, en el sentido estricto de esta palabra: no se adhiere mas que de una manera indirecta á la erupcion del volcan. Otro tanto pudiera decirse de un fenómeno meteorológico muy singular que he descrito en otra parte con el nombre de *tempestad volcánica*. Vapores de agua en estremo calientes se escapan del cráter durante la erupcion, se elevan á muchos millares de metros en la atmósfera, y forman al enfriarse una nube espesa alrededor de la columna de humo y de cenizas. Su condensacion súbita, y, segun Gay-Lussac, la formacion de una nube de ancha superficie aumentan la tension eléctrica: salen relámpagos, serpenteando, del seno de la columna de cenizas; se distinguen perfectamente las detonaciones del trueno y los resplandores del rayo, en medio del ruido que se produce en el interior del volcan. Tales fueron, en los últimos dias de octubre de 1822, los fenómenos que señalaron el fin de la erupcion del Vesubio. Segun Olafsen, el rayo estalló en el seno de estas nubes volcánicas, durante la erupcion del Hatlagia (Islandia), el 17 de octubre de 1755, y mató dos hombres y once caballos.

Este cuadro general de los fenómenos volcánicos, seria incompleto si nos limitáramos á describir la actividad dinámica y la estructura de los volcanes; nos queda que echar una ojeada sobre la inmensa variedad de sus productos materiales. Las fuerzas subterráneas destruyen las antiguas combinaciones de los elementos para formar otras nuevas;

su accion se ejerce sobre la materia liquidada por el calor, tan largo tiempo como permite su estado de fluidez ó de desagregacion. Las materias líquidas ó simplemente reblandecidas, se solidifican bajo la influencia de una presion mas ó menos considerable, y la diferencia de las presiones parece ser la causa principal de la diferencia que existe entre las rocas *plutónicas* y las rocas *volcánicas*. El nombre de *lava* se aplica á las materias derretidas, que salen en largas corrientes, de un orificio volcánico. Cuando muchas corrientes de lava se encuentran y son detenidas por un obstáculo, se estienden en anchura, llenan grandes depósitos y se solidifican formando capas superpuestas. Esto es todo lo que se puede decir en general sobre el género de actividad volcánica de que se trata.

Fragmentos de rocas pertenecientes á los terrenos que atraviesan los volcanes, frecuentemente son arrojados fuera con una capa de orígen igneo. Así es como he visto fragmentos angulares de syenito feldspathico contenidos en la lava negra del volcan mejicano de Jorullo, lava compuesta principalmente de augito. Pero las masas de dolomia y de calcárea granular que contienen magníficos grupos de minerales cristalizados (vesubianas y granatas cubiertas de meiňoita, de nephelina y de sodalita), no han sido arrojadas por el Vesubio: «pertenecen mas bien á capas de toba, formacion mas estendida y mas antigua que la sublevacion del Somma ó del Vesubio; probablemente son productos de una accion volcánica sub-marina, cuyo foco debia estar situado á una gran profundidad.» Entre los productos de los volcanes actuales se hallan cinco metales: el hierro, el cobre, el plomo, el arsénico, y el selenium descubierto por Stromeyer en el cráter de Volcano. Los vapores de los humeadores contienen sublimaciones de cloruros

de hierro, de cobre, de plomo y de amoniaco. Del hierro especulario y de la sal marina (la última sobre todo en gran cantidad) se llenan las cavidades de las corrientes de lava reciente, y tapizan las hendiduras que se han hecho en las paredes del cráter.

La composicion mineralógica de las lavas varía segun la naturaleza de las rocas cristalinas que componen el volcan; segun la altura del punto donde se verifica la erupcion (sea al pié de la montaña, sea mas cerca del cráter), y segun el calor mas ó menos fuerte que reina en el interior. Muchos productos vitrificados, la obsidiana, la perlita y la pómez faltan completamente en ciertos volcanes; en otras partes provienen estas rocas del cráter, ó de puntos situados interiormente á poca profundidad. El estudio de estas relaciones importantes, pero complicadas, exige una grande exactitud en los análisis químicos ó cristalográficos. Mi compañero de viage en Siberia, Gustavo Rose, y despues de él Hermann Habich, han obtenido felices resultados en sus investigaciones sobre la estructura de estas rocas volcánicas tan variadas.

Las emisiones gaseosas están formadas, en gran parte, de vapores de agua pura: se condensan y de ellas nacen manantiales, como los que sirven á los cabreros de la isla Pantellaria. En la mañana del 26 de octubre de 1822, se vió salir del Vesubio, por una hendidura lateral del cráter, una corriente que por mucho tiempo se creyó formada de agua hirviendo; y examinándola mas de cerca, halló Monticelli que era una corriente de cenizas secas, de lava reducida á polvo por la frotacion, que corria como arena fina. En cuanto á las cenizas que, arrojadas por los vapores, se elevan en los aires como una columna inmensa, su aparicion señala ordinariamente el fin de cada grande erupcion;

oscurecen la atmósfera durante horas, y aun dias enteros; y volviendo á bajar caen como una capa que cubre las hojas de los árboles y perjudican especialmente á las viñas y á los olivos. Esta columna de cenizas ascendentes es la que Plinio el jóven describia en su célebre carta á Tácito, comparándola á un pino que solo tuviese ramas en la copa. Las luces que se perciben durante las erupciones de escorias, y el resplandor rojizo de las nubes puestas encima del cráter, no son verdaderas llamas y no pueden atribuirse á gas hidrógeno ardiente; son reflejos de la luz de las masas encendidas que ha lanzado el volcan á grande altura; tambien provienen del mismo cráter, que alumbra á los vapores ascendentes. Respecto á las llamas que se han visto salir del seno del mar, como en tiempo de Strabon, durante las erupciones de volcanes situados cerca de la costa, ó algun tiempo antes de haber surgido una isla nueva, no tenemos que dar ninguna esplicacion.

Preguntar lo que *arde* en los volcanes, buscar lo que engendra el calor, derrite los metales y las rocas y produce las corrientes de lava de un grande espesor, cuya temperatura es muy elevada aun despues de muchos años de su salida del cráter, es prejuzgar la cuestion; al menos es admitir implícitamente que todo volcan supone un *cúmulo* de materias combustibles capaz de alimentar su actividad, lo mismo que las capas de carbon de tierra alimentan incendios subterráneos. Siguiendo las diversas fases que las ciencias químicas han recorrido, los fenómenos volcánicos se han atribuido sucesivamente al betun, despues á las piritas ó á una mezcla húmeda de azufre y de hierro reducidos á polvo, ya á pyrophóros naturales, ya á los metales de los álcalis y de las tierras. Por fin, digamos que, en su última obra, *Consolations travel and last days of a Philosopher*,

libro cuya lectura inspira un sentimiento de tristeza, el célebre químico á quien debemos el descubrimiento de los metales alcalinos, sir Humphry Davy, ha renunciado á su hipótesi química. La densidad media de la tierra (5,44) comparada á los pesos específicos mucho mas débiles que el potassium (0,865) del sodium (0,972) y de los metales terrosos (1,2), la ausencia de hidrógeno en las emanaciones gaseiformes de las grietas volcánicas ó de las lavas todavía calientes; y otras consideraciones químicas están en contradiccion manifiesta con las antiguas ideas de Davy y de Ampere. Si la erupcion de las lavas diera lugar á una separacion de hidrógeno, ¡en qué enorme masa deberia separarse este gas, cuando la lava que se estiende de un cráter de erupcion cubre regiones enteras, y adquiere un espesor de muchos centenares de piés en el punto donde se ha detenido por un obstáculo! Tales fueron sin embargo, segun Mackensie y Soemund Magnussen, las consecuencias de una erupcion que tuvo lugar en Islandia, al pié del Skaptar-Jockul, desde el 11 de junio hasta el 3 de agosto de 1783. Para sostener la hipótesi de una combustion subterránea, ¿quieren recurrir á la introduccion del aire en lo interior de los volcanes, ó, como se ha dicho por metáfora, á una aspiracion de nuestro planeta? Se encuentran dificultades análogas: en aquel caso era el hidrógeno el que faltaba entre los productos de los volcanes; en este otro es el azoe, de que apenas se hallan algunas huellas en sus exhalaciones. Una actividad tan poderosa y tan generalmente esparcida en las entrañas de la tierra, no podria tener su orígen en las reacciones químicas que se engendran al contacto de ciertas sustancias particulares á algunas localidades. La nueva geognosia prefiere buscar la causa en el calor central de nuestro globo, calor cuya existencia se revela en la

superficie por la temperatura que va aumentando rápidamente con la profundidad, bajo todas las latitudes, y cuyo orígen remonta á esas épocas cosmogónicas en que nuestro mismo planeta fué formado por la condensacion progresiva de una parte de la atmósfera nebulosa del Sol. La ciencia de la naturaleza, como hemos recordado muchas veces, no es una árida acumulacion de hechos aislados; no está contenida en los estrechos límites de la certeza material; debe elevarse á las miras generales y á las concepciones sinthéticas. ¿Por qué se ha de privar al espíritu humano ávido de saber, que salte de lo presente para remontar á los tiempos pasados, sospechar lo que no puede demostrar, y de proseguir en fin la solucion del problema que en todos tiempos se ha encargado á su actividad, hasta bajo las formas variadas de los *mitos* de la geognosia? Si los volcanes son para nosotros *manantiales intermitentes*, pero irregulares, de donde sale una mezcla flúida de óxidos metálicos, de álcalis y de tierra, bajo la poderosa presion de los vapores elásticos, si estos manantiales igneos corren tambien, serenos y pacíficos, allí donde las masas liquidadas han hallado una salida permanente, podemos olvidar cuanto se habia acercado á estas ideas la rica imaginacion de Platon, cuando este gran filósofo asignaba á las erupciones de los volcanes y al calor de los nacimientos thermales una causa única, universalmente repartida en las entrañas de la tierra, y simbolizada por un rio de fuego subterráneo, el *Pyriphlégéthon*?

Independientes de la influencia de los climas en su modo de distribucion geográfica, los volcanes han sido colocados en dos clases esencialmente diferentes: los *volcanes centrales* y las *cadenas volcánicas*. «Los primeros forman siempre el centro de un grupo de volcanes secundarios muy numerosos y con bastante regularidad dispuestos en todos sen-

tidos. Los que componen las cadenas volcánicas están escalonados, á cortas distancias, en una misma direccion, como si se hubieran formado chimeneas sobre un gran padrastro. Esta segunda clase se subdivide á su vez: ó bien los volcanes de una misma cadena se levantan del fondo del mar, en forma de islotes cónicos, y entonces estan ordinariamente distribuidos al pié de una cadena de montañas primitivas que corre en la misma direccion; ó bien estan situados sobre la línea mas alta de esta cadena primitiva de que forman las cumbres.» El Pico de Tenerife, por ejemplo, es un *volcan central*; es el centro de un grupo al cual pertenecen las islas volcánicas de Palma y de Lanzarote. La inmensa muralla natural que se estiende desde el Chile meridional hasta la costa noroeste de la América, ya simple, ya dividida en dos ó tres ramas paralelas, y vueltas á unir de distancia en distancia por estrechas articulaciones transversales, la cordillera de los Andes, en una palabra, nos ofrece, en grande escala, el ejemplo de una *cadena volcánica* situada sobre la tierra firme. En esta cadena, la proximidad de los volcanes activos es constantemente anunciada por la igualacion brusca de ciertas rocas (dolérita, melaphyro, trachyto, andesito, porphyro dioritico) que han atravesado las rocas primitivas, los terrenos de transicion formados de arcilla ó de asperon, y las estratas recientes. Esta observacion me ha conducido, hace mucho tiempo, á admitir que las rocas esporádicas que acabo de enumerar, han sido la residencia de antiguos fenómenos volcánicos, y la causa determinante de las erupciones. Al pié del poderoso Tunguragua, cerca de Penipe (á las orillas del Rio-Puela), es donde he visto claramente, por la primera vez, una roca volcánica atravesar una capa de micaschisto descansando sobre el granito.

Cuando los volcanes de las *cadenas volcánicas* del Nuevo Continente están muy aproximados, existe entre ellos una cierta ligazon. En el Perú, la actividad volcánica parece propagarse poco á poco, hace siglos, en la direccion del sud al norte. El foco general se estiende bajo la llanura entera que forma la provincia de Quito; respiraderos acá y allá establecen comunicaciones entre este foco y la atmósfera: estos son los volcanes del Pichincha, del Cotopaxi y del Tunguragua; sus cimas elevadas y su distribucion pintoresca, forman el cuadro mas grandioso que puede encontrarse en una region volcánica tan estrecha. Las estremidades de estas cadenas volcánicas estan, pues, enlazadas entre sí, por comunicaciones subterráneas; y las pruebas numerosas que justifican esta asercion, recuerdan una palabra muy notable de Séneca: «un cráter no es mas que la salida de las fuerzas volcánicas que obran á una gran profundidad.» Una dependencia mútua liga igualmente los volcanes de la llanura mejicana, el Orizaba, el Popocatepetl, el Jorullo, y el Colima, situados todos en la misma direccion, sobre un gran padrastro que se ha estendido trasversalmente de un mar á otro, por 18° 59' y 19° 12' de latitud setentrional. Precisamente en esta direccion, reconocida y señalada por mí mismo; sobre el mismo padrastro, es donde el volcan de Jorullo surgió, el 29 de setiembre de 1759, á 513 metros sobre las mesetas circundantes. Este volcan no ha vomitado lava mas que una sola vez; así como el monte Epomeo, en la isla de Ischia, no ha tenido mas que una erupcion hácia el año de 1302.

Pero si el Jorullo, situado á 15 miriámetros de todo volcan activo, puede pasar por una *montaña nueva*, en el sentido propio de esta palabra, su aparicion no debe, sin embargo, compararse á la del Monte-Nuevo (19) de se-

tiembre de 1538) que no es mas que un simple *cráter de levantamiento*. Es mas exacto y mas natural, á mi parecer, comparar, como he hecho otras veces, la ereccion súbita del volcan mejicano, al levantamiento volcánico del pico de Methona (actualmente Methana), en la península de Trezena. Este último fenómeno, descrito por Strabon y por Pausanias, ha producido en la rica imaginacion de un poeta romano, indicaciones que ofrecen una afinidad palpable con las ideas del dia: «Se ve cerca de Trezena, un pico árido y escarpado: este era en otros tiempos una llanura igual, y ahora es una colina. Los vapores encerrados en sombrías cavernas, buscaban en vano una salida; á su esfuerzo poderoso se hinchó el suelo como una vejiga que se llena de aire ó como una odre formada de la piel de un macho cabrío. Levantada así la tierra, ha conservado la forma de una alta colina que el tiempo ha cambiado en dura roca.» El pico de Methona se ha elevado entre Trezena y Epidaura, en un lugar donde Russegger ha encontrado vetas de traquito; su formacion remonta á 282 años antes de nuestra era, es decir, 45 antes de la separacion volcánica de Thera (Santorin) y de Therasia. Añadamos á esto que todos los hechos análogos, actualmente adquiridos por la ciencia, justifican la poética descripcion que Ovidio nos ha dejado de este gran acontecimiento natural.

De todas las islas de erupcion que hacen parte de cadenas volcánicas, la mas importante es Santorin. «Este es el tipo completo de las islas de levantamiento. Hace mas de 2000 años, tan lejos como la historia y la tradicion pueden remontar, se vé á la naturaleza trabajar sin descanso en formar un volcan en medio del cráter de levantamiento.» La isla de San Miguel, una de las Azores, es tambien teatro de fenómenos semejantes que se repiten por periodos

de ochenta ó de noventa años; pero el fondo del mar no ha sido siempre soliviantado en los mismos puntos. La isla Sabrina, llamada así por el capitan Tillard, apareció el 30 de enero de 1811; desgraciadamente los acontecimientos políticos de aquella época no permitieron á las potencias marítimas de la Europa occidental prestar á este gran fenómeno toda la atencion que despues fué concedida á la aparicion efímera de la isla Ferdinandea (el 2 de julio de 1831, en el mar de Sicilia, entre las costas calcáreas de Sciacca y la isla volcánica de Pantellaria).

El gran número de volcanes activos situados en las islas ó sobre las costas, y las erupciones sub-marinas que se producen todavía de tiempo en tiempo, han hecho pensar que la actividad volcánica está subordinada á la vecindad del mar; se ha creido que la una no podia desarrollarse ni durar sin la otra. «El Etna y las islas Eolianas, dice Justino, ó mas bien Trogo Pompeyo que Justino ha compendiado, arden hace muchos siglos; luego, ¿cómo podria durar este fuego si el mar no le suministrase un alimento?» Aceptando estas rancias ideas como punto de partida, se ha procurado en estos últimos tiempos, fundar toda la teoría de los volcanes sobre la hipótesi de la introduccion de las aguas minerales en sus focos, es decir, en las capas profundas de la corteza terrestre. Esta teoría ha suscitado una discusion harto complicada; no obstante, despues de considerados, en conjunto, los datos que la ciencia posee en nuestros dias, me ha parecido que este debate podia reasumirse en las cuestiones siguientes. ¿Los vapores acuosos que los volcanes exhalan incontestablemente, en gran cantidad, aun en sus períodos de reposo, provienen de las aguas saladas del mar, ó de las aguas dulces meteóricas? ¿La fuerza de espansion del vapor acuoso que se desarrolla, en

diversas profundidades; dentro de los focos volcánicos (á una profundidad de 28600 metros, esta fuerza seria de 2800 atmósferas), puede equilibrarse con la presion hydrostática de las aguas del mar, y permitirles, en casos dados, un libre acceso en los focos volcánicos? ¿La produccion de una gran cantidad de cloruros metálicos, la presencia de la sal marina en las grietas de los cráteres, la del ácido hydroclórico libre en los vapores acuosos que exhala, suponen necesariamente la cooperacion de las aguas del mar? ¿La inactividad de los volcanes, ora sea temporal, ora permanente y definitiva, está acaso determinada por la obliteracion de los canales que en su principio hubieran conducido, hácia sus focos, las aguas del mar ó las aguas meteóricas? ¿En fin, y sobre todo, cómo conciliar la ausencia de llamas y la falta de gas hidrógeno durante el período de actividad, con la hipótesi que atribuye esta actividad á la descomposicion de una enorme masa de agua (no hay que perder de vista que el desprendimiento del hidrógeno sulfurado es una condicion peculiar de los volcanes apagados, mas bien que los volcanes activos)?

Creo deber ceñirme á fijar estas importantes cuestiones de física general, toda vez que su discusion no puede formar parte del plan de esta obra. Pero ya que se trata en ella de la distribucion geográfica de los volcanes, séame permitido al menos restablecer, en su integridad, los hechos que no se han tenido en consideracion lo bastante, al suponer que la proximidad del mar es una condicion necesária de la actividad volcánica. En el Nuevo-Mundo se hallan tres volcanes, el Jorullo, el Popocatepetl y el volcan de la Fragua, situados respectivamente á 15, 25 y 29 miriámetros de las orillas del océano; en el Asia central, casi á igual distancia del mar Glacial y del océano indio

(273 y 284 miriámetros), se estiende una gran cadena de montañas volcánicas, el Thian-chan (las *Montañas Celestes*, señaladas á los geólogos por Abel Remusat), de que hacen parte el Pechan que vomita lava, el volcan estinguido de Urum-tsi, y el volcan todavia activo del Turfan (Hotseu). El Pechan está situado á 250 miriámetros del mar Caspio, á 32 y á 39 miriámetros de los grandes lagos de Issikoul y de Balkasch; los escritores chinos han descrito sus erupciones que desvastaron las comarcas circunvecinas, hácia el primero y el sétimo siglos de nuestra era; es imposible no reconocer las *corrientes de lava*, cuando dicen: «Las masas de piedra liquefacta corrian tan flúidas como manteca derretida, sobre una estension de 10 *li*.» En fin, entre las cuatro grandes cadenas paralelas, el Altai, el Thian-chan, el Kuen-lun y el Himalaya, que atraviesan del este al oeste el continente asiático, las dos cadenas interiores, situadas á 297 y á 134 miriámetros de todo mar, son las que poseen volcanes que vomitan fuego, como el Etna y el Vesubio, exhalan vapores amoniacales como los volcanes de Guatemala, mientras no existe ninguno en la cadena mas vecina al mar, en el Himalaya. Asi los fenómenos volcánicos no dependen de la vecindad del mar, en el sentido de que no puede hallarse su causa eficiente en la introduccion de las aguas en las regiones subterráneas. Si las costas parece que ofrecen una positura favorable á las erupciones, es porque forman las orillas de profundos lechos ocupados por el mar, y estas orillas cubiertas solamente por capas de agua, situadas por otra parte á algunos millares de metros por bajo del interior de los continentes, deben presentar en general, á la accion de las fuerzas subterráneas, mucha menos resistencia que la tierra firme.

La formacion de los volcanes actuales, cuyos cráteres

establecen una comunicacion permanente entre la atmósfera y el interior del globo, no remonta á una época muy lejana, porque las capas de creta mas elevadas y todas las formaciones terciarias existian antes de estos volcanes. Esto es lo que muestran las erupciones de trachyto y los basaltos que forman frecuentemente las paredes de los cráteres de levantamiento. Los melaphiros se estienden hasta las medias capas terciarias; pero empiezan ya á mostrarse bajo la formacion jurasica, pues que atraviesan los asperones abigarrados. Hay que tener cuidado en no confundir los cráteres actualmente activos, con los desparramientos anteriores de granito, de pórphiro cuarzoso y de euphotida que tuvieron lugar por padrastros del antiguo terreno de transicion.

La actividad volcánica puede desaparecer completamente, como en Auvernia; alguna vez muda de sitio y busca otra salida en la misma cadena de montañas; entonces la estincion no es mas que *parcial*. Sin que sea necesario remontar mas allá de los tiempos históricos, se hallan esos ejemplos de estincion *total* mucho mas recientes que los de la Auvernia. Así, el volcan situado en la isla consagrada á Vulcano, el Mosychlos de que Sófocles cita «los torbellinos de llamas», está actualmente estinguido: otro tanto puede decirse del volcan de Medina, que, segun Burckhardt, vomitó el último torrente de lava el 2 de noviembre de 1276. Cada fase de la actividad de un volcan, desde su origen hasta su estincion, está caracterizada por diversos productos. En su principio, todo volcan vomita escorias candescentes, corrientes de lava formada de trachito, de piroxeno y de obsidiana, y rapillos ó sean pequeños fragmentos de lava ponosa, y de toba en forma de cenizas, acompañadas de un desprendimiento considerable de vapores de agua casi siempre,

pura. Andando el tiempo, el volcan se convierte en un gran depósito sulfúreo; los vapores de agua que arrojan van entonces mezclados de hidrógeno sulfurado y de ácido carbónico. En fin, el mismo cráter llega á enfriarse del todo, y ya no se desprende de él mas que el gas ácido carbónico. Existe, no obstante, una clase singular de volcanes, tales como el Galunggung de Java, que no arrojan lava, pero que vomitan torrentes desvastadores de agua hirviendo, recargados de azufre en combustion y de rocas pulverizadas. Antes de decidir si su estado actual es un estado normal ó una simple modificacion pasagera de la actividad volcánica, necesario es esperar á que sean examinados por geólogos iniciados en las doctrinas de la química moderna.

Hemos llegado ya al término de la descripcion general de los volcanes, una de las mas importantes manifestaciones de la actividad interior de nuestro planeta. La he fundado, en parte, en mis propias observaciones; pero, á fin de trazar los contornos generales, he debido guiarme por los trabajos de mi amigo Leopoldo de Buch, geólogo el mas eminente de nuestra época, y el primero que ha reconocido la íntima conexidad y dependencia mútua de los fenómenos volcánicos.

Por largo tiempo no se ha creido ver en la *volcanicidad* (la reaccion del interior de un planeta contra su corteza) mas que un fenómeno aislado, una fuerza local, notable solamente por su poder de destruccion. Reservado estaba á la nueva geognosia el colocarse en un punto de vista mas elevado y considerar las fuerzas volcánicas como *formando nuevas rocas*, ó como *modificando las rocas preexistentes*. En este punto de vista que dejamos indicado, dos ciencias diversas, la parte mineralógica de la geognosia (estructura y sucesion de las capas terrestres), y el estudio geográfico

de la forma de los continentes y de los archipiélagos levantados sobre el nivel del mar, vienen á asociarse en una misma y única doctrina, que es la de la volcanicidad. Si la ciencia ha conseguido hermanar así dos grandes clases de fenómenos en una sola concepcion, lo debe á la direccion verdaderamente filosófica que siguen en nuestros tiempos todos los geólogos. Las ciencias así como los grandes intereses políticos de la humanidad, propenden incesantemente á reunir en un todo las partes que por largo tiempo han permanecido aisladas.

Las rocas pueden clasificarse, segun sus diferencias de estructura ó de superposicion, en rocas *estratificadas*, y *no estratificadas*, en *lamelarias* y *compactas*, en *normales* y *anormales*; pero cuando se procura descubrir, por el estudio de los fenómenos que se producen aun á nuestra vista, cómo han sido formadas las rocas y modificadas despues, se halla que pueden distribuirse en cuatro clases fundamentales:

1.° Las *rocas de erupcion*, salidas del interior de la tierra, ó *volcánicamente*, en estado de *fusion* ó *plutónicamente*, en estado de *reblandecimiento* mas ó menos marcado.

2.° Las *rocas de sedimento*, precipitadas ó engendradas del seno de un centro líquido en que estaban primitivamente disueltas, ó en suspenso (tal es la mayor parte de los grupos secundario y terciario).

3.° Las *rocas trasformadas* (metamórficas), cuya textura y su modo de estratificacion han sido alterados, ya por el contacto ó la proximidad de una roca de erupcion plutónica ó volcánica (rocas *endogenas*), ya por la accion de los vapores y de las sublimaciones que acompañan la salida de ciertas masas en el estado de fluidez ignea; este último modo de alteracion es el mas frecuente.

4.° Las *conglomeradas*; los asperones de granos finos ó groseros, las brechas. Estas rocas están formadas de restos de las tres rocas precedentes, divididas mecánicamente.

Estos cuatro géneros de rocas se producen aun á nuestra vista por el derramamiento de masas volcánicas en corrientes estrechas, por la accion de estas masas sobre rocas antiguas, por la separacion mecánica ó química de materias suspendidas ó disueltas en aguas cargadas de ácido carbónico, en fin por la cimentacion de los detritus de rocas de toda naturaleza. Pero esto no constituye mas que un débil reflejo de lo que ha pasado durante el periodo caotico del mundo primitivo; entonces bajo distintas condiciones de calor y de presion, la actividad de nuestro globo se desarrolló con mas energía, sobre un suelo menos resistente y en una atmósfera mas estensa, mas cargada de vapores. Hoy, las enormes fracturas de la corteza terrestre han desaparecido; los padrastros cavernosos de las capas superficiales ya consolidadas, se han colmado por las cadenas de montañas que las fuerzas subterráneas han soliviantado y empujado fuera, ó por rocas de erupcion (el granito, el pórfiro, el basalto, el melaphiro); apenas habrán quedado, sobre una estension tal como la de la Europa, cuatro aberturas, cuatro volcanes por donde las materias igneas puedan producir una irrupcion. Pero en otros tiempos, la corteza naciente, fracturada en todos sentidos, aun poco gruesa, sometida á fluctuaciones contínuas, ora levantada, ora hundida, dejaba comunicar, casi por todas partes, la masa interior en fusion con la atmósfera, y los efluvios gaseosos, cuya naturaleza química debia variar tanto como las profundidades de donde se escapaban, venian á dar como una vida nueva á los desarrollos sucesivos de las formaciones plutónicas y metamórficas. Lo que acabamos

de decir para el período igneo, podemos decirlo tambien de aquel en que los terrenos de sedimento se han formado. Las capas de travertin que diariamente se ven en Roma y en Hobart-Town, en Australia, nos representan la imágen, pero una imágen muy debilitada, de la formacion de los terrenos fosilíferos. Bajo influencias todavía poco conocidas, nuestros mares actuales producen incesantemente, por via de precipitacion, terrero y cimentacion, en las costas de la Sicilia, en las de la isla de la Ascension, en la laguna del rey Jorge (Australia), pequeños bancos de calcarea de que ciertas partes han adquirido una dureza comparable á la del mármol de Carrara. Estas formaciones del océano actual han sepultado, en las costas de las Antillas, productos de la industria humana, y hasta esqueletos del tronco caribe (en la Guadalupe). Los negros de las colonias francesas llaman á esta formacion *maconne-bon-Dieu*. Se ha hallado en una de las Canarias, la isla de Lanzarote, una pequeña capa de oolito que, á pesar de su novedad recuerda la calcárea del Jura; esta es una produccion del mar y de las tempestades.

Las rocas compuestas son asociaciones determinadas de ciertos minerales simples, el feldespato, el mica, la silice, la augita, la nefelina. Tambien producen los volcanes á nuestra vista rocas semejantes á las del mundo primitivo; los elementos son los mismos en ambas partes, pero están diferentemente agrupados. Hemos dicho mas arriba que no existe relacion alguna entre los caractéres mineralógicos y la distribucion geográfica de las rocas; y en efecto, el geólogo se admira de ver, en las zonas mas lejanas, tanto al norte como al sud del Ecuador, repetirse los menores detalles en la disposicion alternante de las capas silurianas, y repro-

ducirse los mismos efectos al contacto de las masas augíticas de erupcion.

Necesitamos ahora considerar mas de cerca las cuatro clases fundamentales de rocas (clases correspondientes á cuatro fases de formacion) que nos ofrecen las capas estratificadas ó macizas de la corteza terrestre. Y desde luego, entre las rocas endogenas ó de erupcion que la geognosia moderna ha designado con los nombres de rocas *macizas* y *anormales*, hallamos muchos productos de la accion inmediata de las fuerzas subterráneas, de que vamos á enumerar los grupos principales.

El *granito* y la *syenita*, pertenecen á épocas muy diferentes; sin embargo el granito atraviesa frecuentemente la syenita; entonces es de un orígen mas reciente que la fuerza que ha levantado esta última roca. Cuando el granito aparece en grandes masas aisladas, bajo forma de elipsoides débilmente abovedadas, ya que sea en el Hartz, ó en el Mysora, ó ya en el Bajo-Perú, por todas partes lo supera una costra dividida en pedruscos. Probablemente esta especie de mar formado de rocas, debe su orígen á la contraccion de la superficie primitiva del granito. En el Asia setentrional, sobre las pintorescas orillas del lago Kolivan (Altai), lo mismo que en la espalda de la cadena marítima de Caracas, en Las Trincheras, he visto tambien hiladas de granito cuyas divisiones provienen sin duda de una retraccion análoga; pero me ha parecido que esta estructura se estendia profundamente bajo de tierra. El aspecto de las rocas de erupcion sin vestigio de gneis, que he encontrado en las fronteras de la provincia china de Ili (al sud del lago Kolivan, entre Buchtarminsk y el rio Narym), me ha llamado la atencion estraordinariamente; jamás habia visto na-

da semejante en las otras partes del mundo. El granito siempre desconchado en la superficie, siempre caracterizado por divisiones prismáticas, se eleva en la estepa, ya en pequeños montículos hemisféricos, altos de 2 ó 3 metros á lo mas; ya, como el basalto, en forma de copa cuya base presenta dos corrientes estrechas diametralmente opuestas. En las cataratas del Orinoco lo mismo que en el Fichtelgebirge (Seissen), en Galicia y en el Papagallo (entre el mar del Sud y la llanura de Méjico) he visto el granito en grandes globos aplastados que ofrecian divisiones concéntricas semejantes á las de ciertos basaltos. En el valle de Irtysch, entre Buchtarminsk y Ustkaménogorsk, cubre el granito á la esquista arcillosa de transicion sobre una longitud de cerca de un miriámetro; envia en esta capa, de alto á bajo, estrechas vetas que se ramifican y terminan en puntas afiladas.

Cito estos detalles con el único objeto de hacer resaltar, con algunos ejemplos, el carácter fundamental de las rocas de erupciones, en una de las rocas mas generalmente esparcidas en la naturaleza. Lo mismo que el granito cubre á la arcilla en Siberia y en el departamento del Finisterre (isla de Mihau), así cubre la calcárea jurasica, en las montañas de Oisans (Fermonts), y lo mismo que la syenita cubre en medio de esta roca, la creta, en Weinbœhla, en Sajonia. En el Ural, en Mursinsk, el granito es poroso; sus celdillas estan, como las celdillas y las grietas de las rocas volcánicas recientes, llenas de magníficos cristales, principalmente de berilos y de topacios.

El *pórfiro cuarzoso,* que se une frecuentemente en forma de ganga con las otras rocas. La pasta es ordinariamente una mezcla de granos finos de los mismos elementos que se hallan diseminados en cristales gruesos. En el *pórfiro gra-*

nítico, muy pobre en cuarzo, la parte feldespática es casi *granular* y hojeada.

Los *grunsteins*, las dioritas, mezcla granular de albito blanco y de hornblenda de un verde negruzco, forman *pórfiros dioríticos* cuando los cristales de albito están diseminados en una pasta compacta. Estos grunsteins, ya puros, ya mezclados de hojas intercaladas de dialage (Fichtelgebirge), y pasando, en este último caso, á la serpentina, han sido inyectados alguna vez entre las antiguas estratas del eschisto arcilloso verde, donde forman lechos; mas frecuentemente atraviesan el suelo en forma de filones ó se elevan en forma de cúpulas enteramente análogas á las cúpulas de basalto y de pórfiro.

El *hypersthenfels* es una mezcla granular de labrador y de hypersthena.

El *euphotido* y la serpentina, en el que el dialage se halla alguna vez reemplazado por cristales de augita y de uralita, y entonces muy aproximados á una roca mas comun, diré casi de una roca de erupcion mas activa, el pórfiro augítico.

El *melaphyro*, y los pórfiros de cristales de augita, de uralita y de oligoklas. A esta última especie de pórfiro es á quien pertenece el puro *verde-antiguo*, tan célebre por su empleo en las artes.

El *basalto* con la olivina y sus elementos, que, tratados por los ácidos, dan precipitados gelatinosos, la *phonoltiha* (pórfiro arcilloso), el *trachyto* y la *dolerita*; la primera de estas rocas está parcialmente dividida en chapas delgadas; la segunda presenta siempre la estructura que dá á estas dos rocas, aun sobre grandes estensiones, la apariencia de una especie de estratificacion. Segun Girard, la mesotypa

y la nephelina entran en gran parte en la composicion y la textura interna de las masas basálticas. La nephelina del basalto recuerda al geólogo la *miascita* de las montañas del Ilmen, en el Ural, mineral que se ha confundido con el granito, y que alguna vez contiene circonia; tambien recuerda la nephelina pyroxénica, descubierta por Gumprecht cerca de Lœbau y de Chemnitz.

La segunda clase de rocas, las rocas de sedimento, comprende la mayor parte de esas formaciones á que se han dado en otros tiempos las denominaciones sistemáticas, pero poco correctas, de *formaciones chatas*, *formaciones de transicion*, *formaciones secundarias* y *terciarias*. Si las rocas de erupcion no hubieran levantado la corteza terrestre, si los temblores de tierra que ellas han ocasionado no hubieran obrado sobre las formaciones sedimentarias, la superficie de nuestro planeta consistiria en capas horizontales, regularmente dispuestas las unas encima de las otras. Desprovista de nuestras cadenas de montañas cuyas vertientes reflejan, por decirlo así, de la base á la cima en la gradacion pintoresca de las especies vegetales, la escala de las temperaturas descrecientes de la atmósfera, apenas seria accidentada la superficie de los continentes mas que por algunos barrancos ó por la acumulacion de algunos detritus, insignificantes productos de la fuerza de erosion y de trasporte de débiles corrientes de agua dulce; de un polo á otro, la superficie monótona de la tierra presentaria el triste espectáculo de los Llanos de la América del Sud ó de las estepas del Asia setentrional; por todas partes vemos la bóveda celeste descansar inmediatamente sobre las llanuras y elevarse los astros por cima de este uniforme horizonte, cómo del seno de un mar sin playas. Ni aun el mismo mundo primitivo presentó en todas partes este aspecto; al menos

el estado de cosas que acabamos de describir, no há podido durar mucho tiempo, porque, en todas épocas, las fuerzas subterráneas han obrado para modificarlo.

Los terrenos de sedimento han sido *precipitados* ó *depositados* del seno de las aguas, segun que la materia constituyente, la calcárea ó la eschista arcillosa, se hallaba químicamente disuelta en el medio líquido, ó en el estado de mezcla y de suspension. Cuando tierras disueltas en el agua, con ayuda de un esceso de ácido carbónico, vienen á precipitarse, su descenso y su acumulacion en capas estan esclusivamente regladas por las leyes ordinarias de la mecánica. Esta observacion no carece de importancia para el estudio de la ocultacion de los cuerpos orgánicos en las capas calcáreas donde se efectua la petrificacion. Es probable que los mas antiguos sedimentos de los terrenos de transicion ó de los terrenos secundarios, se han formado en las aguas que han mantenido una temperatura bastante elevada, por el fuerte calor que reinaba entonces en la superficie de la tierra. A este punto de vista es permitido decir que las fuerzas plutónicas han obrado sobre las capas sedimentarias, y especialmente sobre las mas antiguas; pero estas capas parece haberse endurecido y adquirido su estructura esquistosa bajo la influencia de una gran presion, en lugar de que las rocas salidas del interior (el granito, el pórfiro ó el basalto) se han *solidificado* por via de enfriamiento. La alta temperatura de las aguas primitivas habiendo bajado poco á poco, estas aguas absorbieron, en mayor cantidad, el gas ácido carbónico de que la atmósfera estaba recargada; y pudieron desde entonces tener en disolucion una masa mas grande de calcárea.

Hé aquí la enumeracion de las capas de sedimento, de que escluiremos todas las capas exógenas que provienen

de la acumulacion mecánica de las arenas, ó de los guijarros:

La *eschista arcillosa* de los terrenos de transicion inferiores y superiores, que comprenden las formaciones siluriana y devoniana, desde las capas inferiores del sistema siluriano que en otros tiempos se llamaba formacion cambriana, hasta la capa mas elevada del viejo asperon rojo, ó de la formacion devoniana, capa que se acerca á la calcárea de montaña.

Los *lechos de carbon de tierra.*

Las *calcâreas* intercaladas en las formaciones de transicion y en las capas de carbon, el zechstein, la calcárea conchada, la formacion jurasica, la creta y todos los terrenos del grupo terciario que no pueden colocarse entre los asperones, ni entre los conglomerados.

El *travertin*, la calcárea de agua dulce, las concreciones silíceas de los nacimientos thermales, las formaciones que se han producido, no bajo la presion de grandes masas de aguas marinas, sino casi al aire libre, sobre los bajos de los pantanos y de los rios.

Los *bancos de infusorios*, dato geológico de una gran importancia, en cuanto nos revela la influencia que la actividad orgánica de la naturaléza ha egercido sobre la formacion de los terrenos; este es un descubrimiento muy reciente de que la ciencia es deudora á los trabajos de mi ingenioso amigo Ehremberg, uno de mis compañeros de viaje.

Parece que en este exámen rápido, pero completo, de los elementos mineralógicos de la corteza terrestre, hubiéramos debido colocar, inmediatamente despues de las rocas simples de sedimento, los *conglomerados* y los *asperones* que son tambien, al menos en parte, sedimentos separados

de un medio líquido; y que alternan, en los terrenos de transicion y en las capas fosilíferas con la eschista arcillosa y con la creta. Pero los conglomerados y los asperones no se componen solamente de los restos de rocas de erupcion y de rocas de sedimento; contienen tambien detritus de gneis, micaschisto y otras masas *metamórphicas*. Estas últimas rocas deben, pues, componer la tercera clase de formas fundamentales.

La roca endogena ó de erupcion (el granito, el pórfiro y el meláfiro), no es un agente esclusivamente dynámico; no solo levanta ó conmueve las capas sobrepuestas, no solo las alza ó las empuja en sentido lateral, sino que tambien modifica profundamente las combinaciones químicas de sus elementos, y la naturaleza de su tejido interior. De las nuevas rocas resulta el gneis; el micaschisto y la calcárea saccharoide (mármol de Carrara y de Paros). Las antiguas esquistas de transicion, de formacion siluriana ó devoniana, la calcárea belemnítica de la Tarentasia, el *macigno* (asperon calcáreo), gris y empañado, contienen algas marinas, que se encuentran en el Apenino setentrional, toman muchas veces, despues de su trasformacion, una estructura nueva y un brillo que las hace casi desconocidas. La teoría del metamorfismo ha sido fundada, desde el momento en que se ha conseguido seguir paso á paso todas las fases de la trasformacion, y guiar las inducciones del geólogo por las investigaciones directas del químico sobre la influencia de los diversos grados de fusibilidad, de presion y de enfriamiento. Cuando el estudio de las combinaciones de la materia es dirijido por una idea fecunda, puede la química, desde el estrecho recinto del lavoratorio, esparcir una viva luz en el campo de la geognosia, vasto taller de la naturaleza donde las fuerzas subterráneas han

formado y metamorfoseado las capas terrestres. Pero si el elemento material nos es bien conocido hoy, no sucede lo mismo con la medida de las fuerzas que han obrado con tanta energía en el mundo primitivo; sopena de caer en analogías engañosas y de no elevarse mas que á miras reducidas sobre los grandes fenómenos de la naturaleza, debe el observador filósofo tener siempre presentes las condiciones tan complexas que han debido modificar en otros tiempos las reacciones químicas. Sin duda los cuerpos simples han obedecido, constantemente, á las mismas afinidades; si se encuentran aun algunas contradicciones, el químico llegará las mas veces, como estoy convencido, á hacerlas desaparecer, remontando á las condiciones primitivas de la naturaleza que no hayan sido reproducidas idénticamente en sus trabajos.

Observaciones muy exactas, que abrazan una gran estension de terreno, muestran que las rocas de erupcion no han sido producidas con un carácter de violencia y de trastorno. Muy á menudo se vé en las regiones mas opuestas, el granito, el basalto ó la diorita, ejercer regularmente, hasta en los menores detalles, su accion trasformadora sobre las estratas del eschisto arcilloso, sobre las del calcáreo compacto, y sobre los granos del cuarzo de que se compone el asperon. Mientras que una roca endógena cualquiera ejerce por todas partes el mismo modo de accion, las diversas rocas de esta clase presentan al contrario, caractéres muy diferentes. Se hallan, á la verdad, en todos los fenómenos, los efectos de un calor intenso; pero el grado de fluidez ó de reblandecimiento ha variado singularmente del granito al basalto; por otra parte, las erupciones de granito, de basalto, de pórfiro de pasta de grunstein y de serpentina, han sido acompañadas de subli-

maciones cuya naturaleza ha cambiado segun las épocas geológicas Esta es la ocasion de recordar que los hechos de *metamorfismo* no estan limitados á los fenómenos de simple *contacto*; comprenden tambien á todos los fenómenos que han *acompañado* la salida de una masa de erupcion determinada; porque allí donde el contacto inmediato no tiene lugar, la simple proximidad de una masa tal, basta ya para modificar la cohesion, la textura, la riqueza en sílice y la forma cristalina de las rocas preexistentes.

Toda roca de erupcion penetra, ramificándose, en otras masas igualmente endógenas ó en las estratas sedimentarias; pero existe, acerca de esto, una diferencia capital entre las rocas *plutónicas* (el granito, el pórfiro, la serpentina) y las *rocas volcánicas*, en el sentido mas estricto de esta palabra (el trachyto, el basalto, la lava). Las rocas cuya produccion volcánica actual parece ser un último esfuerzo de la actividad de nuestro globo, se presentan en corrientes estrechas, y no forman una capa de alguna estension, sino en los depósitos en que se han reunido muchas corrientes. Cuando ha sido posible seguir las erupciones basálticas á grandes profundidades, se les ha visto siempre terminadas por delgados hilos. Cerca de Marksuhl (á $1\frac{1}{2}$ miriámetro de Eisenach), en Eschwege (sobre las orillas del Verra) y cerca de la piedra druídica de la ruta de Hollert (Siegen), para no citar aquí mas que tres ejemplos tomados en nuestra patria, el basalto, inyectado por estrechas aberturas ha atravesado el asperon abigarrado y la grauwacke, y, semejante á una columna con su capitel, se ha ensanchado en forma de copa, cuya masa está dividida ya en planchas delgadas, ya en columnas agrupadas. No es lo mismo del granito, de la syenita, del cuarzo porfiroide, de la serpentina y de la série entera de esas rocas no estra-

tificadas, de textura maciza, á las cuales se ha dado el nombre de rocas *plutónicas*, por predileccion á una nomenclatura sacada de la mitología. Salvo algunos raros filones, todas estas rocas han surgido en estado pastoso, y no en estado de fusion completa; no por estrechas grietas, sino por anchos padrastros semejantes á valles y por gargantas de una gran estension. Han sido empujadas de abajo arriba, y no inyectadas en estado líquido; jamás se les vé én corrientes estrechas, como la lava, sino en masas poderosas. Algunos grupos de dolerita y de trachyto parecen haber poseido el mismo grado de fluidez que el basalto; otros grupos que se elevan en masas considerables, bajo formas de campanas ó cúpulas sin cráteres, parecen haber salido en estado de simple reblandecimiento. Ciertos trachytos están dispuestos por lechos como el granito y el pórfiro cuarzoso; tales son los trachytos de la cordillera de los Andes, de que frecuentemente he notado la palpable analogía con los pórfiros de pasta de grunistein y de syenita (argentíferos y entonces desprovistos de cuarzo).

Estudiando directamente las modificaciones que el calor hace esperimentar al tejido y á las propiedades químicas de las rocas, se ha encontrado que las masas volcánicas (la diorita, el pórfiro augítico, el basalto y la lava del Etna), derretidas y despues enfriadas, forman un vidrio negro de rotura homogénea, si el enfriamiento ha sido rápido, y una masa pedregosa de estructura granular ó cristalina si el enfriamiento se ha operado con lentitud. En el último caso, los cristales se forman en celdillas y en la masa misma en que están empastados. Se ha probado que las mismas materias podian producir los compuestos mas diferentes; este hecho es de la mas alta importancia para el estudio de las rocas de erupcion y de las trasformaciones á que estas rocas pueden

dar lugar. Por ejemplo, la cal carbonada, fundida por una fuerte presion, no pierde su ácido carbónico; pero la masa enfriada se convierte en calcárea granular, en *mármol saccharoïde*. Tales son los resultados obtenidos por la via seca. Por via húmeda, se produce espato calcáreo ó la aragonita, segun ha sido mas débil ó elevado el grado de calor, porque las diferencias de temperatura determinan el modo de agregacion de las moléculas que se unen en el acto de cristalizacion, é influyen en la forma del cristal mismo. Además, hay cierta circunstancia en que las moléculas de un cuerpo pueden adquirir una disposicion nueva que se manifiesta por propiedades ópticas diferentes, sin que el cuerpo haya pasado por el estado de fluidez. Asi es como los fenómenos de la devitrificacion, de la produccion del acero por la fundicion, ó la cementacion, del paso del hierro fibroso al estado de hierro granular por la accion del calor, y tal véz bajo la influencia de pequeños choques regulares y mucho tiempo repetidos, contribuyen á esclarecer el estudio geológico del metamorphismo. El calor puede tambien producir, en los cuerpos cristalizados, efectos completamente opuestos; pues desde los bellos trabajos de Mitscherlich, se sabe que el espato calcáreo se dilata siguiendo uno de sus ejes, mientras que se contrae siguiendo al otro.

Si descendemos ahora de estas consideraciones generales á algunos ejemplos particulares vemos desde luego la esquista trasformada en pizarra de un negro azulado y brillante por la inmediacion de las rocas plutónicas. Los llanos de estratificacion están entonces interrumpidos por otros llanos de division (junturas), casi perpendiculares á los primeros, indicio cierto de una accion posterior á la metamórfosis de la roca primitiva. El ácido silícico, que ha penetrado la eschista arcillosa, produce vetas de cuarzo y la trasforma en

parte, en piedra de afilar y en eschista silícea (esta última roca es alguna vez carbonífera; puede entonces dar orígen á fenómenos galvánicos). La eschista, en el mas alto grado de silicificacion, se convierte en una materia preciosa para las artes; tal es el jaspe listoneado que se ha producido, en el Ural, por la erupcion y el contacto del pórfiro augítico (Orsk), del pórfiro diorítico (Auschkul) ó de una masa redonda de hypersteno (Bogoslowsk). En la isla de Elba (Monte-Serrato), segun Federico Hoffmann, y en Toscana, segun Alejandro Bronguiart, el jaspe listoneado se ha formado al contacto de la eschista con el euphotido y la serpentina.

El contacto y la accion plutónica del granito dan á la eschista arcillosa una textura granada y la trasforman en una masa granitoide, es decir, en una mezcla de feldespato y de mica donde se hallan empastadas grandes partículas de este último mineral; este género de metamórfosis ha sido observado por Gustavo Rose y por mí en el interior de la fortaleza de Buchtarminsk (Altai). «Si hay una hipótesis universalmente admitida en geognosia, dice Leopoldo de Buch, es la que atribuye á la accion trasformadora del granito sobre las capas silurianas de los terrenos de transicion, todo el gneis comprendido entre el mar Báltico y el golfo de Finlandia; tambien tiene, para la mayor parte de los geólogos, el valor de una verdad demostrada. En los Alpes, en el monte San Gotardo, la marga calcárea ha sido igualmente trasformada, por el granito, en micaschisto, primero y despues en gneis.» La produccion del gneis y del micaschisto, bajo la influencia del granito, se nota tambien en el grupo oolítico de la Tarantasia, donde se han hallado belemnitas en rocas que podrian ya pasar por micaschisto, en el grupo eschistoso de la parte occidental de la isla

de Elba, no lejos del cabo Calamita, y en el Fichtelgebirge de Baireuth, entre Lomitz y Markleiten.

Hemos dicho que el jaspe, cuyas masas considerables no fueron conocidas en la antigüedad, lo habia producido la accion volcánica del pórfiro augítico; otra materia de que el arte antiguo hizo un grande y noble uso, el mármol granular (saccharoide), debe ser igualmente considerada como una capa de sedimento modificada por el calor terrestre y por la vecindad de una roca de erupcion. Este último aserto está justificado por el análisis exacto de los fenómenos que nacen al contacto de las rocas igneas, y por las investigaciones directas de sir James Hall sobre la fusion de las sustancias minerales; estas bellas investigaciones, que datan de mas de medio siglo, unidas al estudio profundo de las vetas graníticas, han apresurado singularmente los progresos de la geognosia moderna. Alguna vez la accion de la roca de erupcion se detiene á una corta distancia de la superficie de contacto; y se produce entonces una trasformacion parcial que se estiende en la capa como una especie de penumbra; tal es la creta de Belfast (Irlanda) atravesada por vetas de basalto; tales son las capas fosilíferas de calcárea compacta, parcialmente modificadas por un granito syenítico hácia el puente de Boscampo, y en la cascada de Canzocoli (Tyrol), que el conde Marzari Pencati ha hecho célebre. Otro modo de trasformacion es aquel en que todas las capas del calcáreo compacto han sido enteramente cambiadas en calcáreo granular por la accion del granito, de la syenita ó del pórfiro diorítico.

Séame permitido hacer aquí especial mencion de los mármoles de Paros y de Carrara, á los cuales han dado tanta importancia las obras maestras de la escultura, y que han figurado tan largo tiempo en nuestras colecciones geológi-

cas como tipos de las calcáreas primitivas. Ora la accion del granito se ha ejercido por la via del contacto inmediato, en los Pirineos, por ejemplo; ora se ha propagado al través de las capas intermedias de gneis ó de micaschisto, como en el continente griego y en las islas del mar Egeo. En los dos casos, las trasformaciones de las capas calcáreas han sido sincrónicas, pero han procedido diferentemente. Se ha notado en Atica, en la isla de Eubea y en el Peloponeso, que «el calcáreo superpuesto al micaschisto, es tanto mas hermoso, tanto mas cristalino, cuanto mas puro es el micaschisto mismo, es decir, menos arcilloso.» Esta última roca, así como las estratas de gneis, se nivelan en muchos lugares profundos de Paros y de Antiparos. Segun el fundador de la escuela de Elea, Xenofante de Colophon, que pensaba que la tierra habia estado cubierta en otro tiempo por el mar, se habian hallado fósiles marinos en las canteras de Syracusa, y estampado «un pescado pequeño» (una sardina), en el fondo de la de Paros; si esta asercion, referida por Orígenes, fuera exacta, se podria creer que ciertas capas fosilíferas no han esperimentado mas que una metamórfosis incompleta. En cuanto al mármol de Carrara (Luna), cuyo empleo remonta á una época anterior al siglo de Augusto, y conservará el privilegio de proveer casi esclusivamente á las necesidades de la estatuaria, tan largo tiempo como la esplotacion de las canteras de Paros permanezca descuidada, es una capa, trasformada por las acciones plutónicas, del mismo asperon calcáreo (*macigno*) que se manifiesta en los Alpes Apuanos, entre el micaschisto y el esquisto talcoso. Se ha asignado otro orígen distinto á los mármoles de ciertas localidades; el calcáreo granular se formaria primero en el interior de la tierra; empujado despues á la superficie por

el gneis y la syenita, llenaria las grietas, como en Auerbach, sobre el Bergstrasse; pero antes de haber estudiado la cuestion en los lugares mismos, no puedo dar opinion sobre este asunto.

De todas las metamórfosis producidas por una roca de erupcion sobre las estratas de calcáreo compacto, la mas notable es la que Leopoldo de Buch ha señalado en las *masas dolomíticas*, especialmente en las del Tyrol meridional y de la vertiente italiana de la cadena de los Alpes. Este modo de trasformacion del calcáreo procede de las grietas de de que está atravesado en todos sentidos. Por todas partes estan las grietas tapizadas de cristales romboides de magnesia; toda la formacion entera no es mas que una aglomeracion granular de cristales de dolomia donde ya no se encuentran vestigios de la estratificacion originaria, ni de los fósiles que primitivamente contenian. Hojas de talco y masas de serpentina estan diseminadas acá y allá en la roca nueva. En la Fassathal, se eleva la dolomia verticalmente en murallas bruñidas de una blancura que deslumbra, hasta muchos millares de pies de altura. Forma cimas agudas, numerosas, muy aproximadas, pero que no se tocan. Su aspecto recuerda el gracioso paisage de montañas fantásticas de que Leonardo de Vinci ha adornado el fondo del retrato de Mona Lisa.

Los grandes fenómenos geológicos que acabamos de describir, hablan á nuestra imaginacion tanto, tal vez, como á nuestra inteligencia; son la obra de un pórfiro augítico que ha levantado, roto, metamorfoseado las capas sobrepuestas. El ilustre observador que ha señalado la conversion del calcáreo en dolomia, no atribuye este fenómeno á la introduccion de cierta cantidad de talco proveniente del pórfiro negro; lo considera solamente como una modifica-

cion contemporánea de la proyeccion de esta última roca á través de anchas grietas llenas de vapores. Pero, es menester decirlo, se hallan tambien en ciertos lugares, lechos de dolomia intercalados entre los del calcáreo, y queda por esplicar como ha podido operarse la trasformacion sin la intervencion de una roca endógena. ¿Cuáles pueden ser, en efecto, en estos casos escepcionales, las vias seguidas por la accion plutónica? ¿Se han de abandonar ya las teorías tantas veces esperimentadas y limitarse á repetir el antiguo adajio romano: «frecuentemente ha seguido la naturaleza vias diferentes para llegar al mismo fin?» Que! ¿hubiéramos probado paso á paso, en toda una region, en zonas enteras, la conformidad de dos fenómenos; hubieramos visto por todas partes la proyeccion del meláfiro acompañar la metarmórfosis del calcáreo compacto en una masa cristalina dotada de nuevas propiedades químicas, y cuando viniéramos á encontrar un lugar en que el primer fenómeno no conviniera con el segundo, no nos seria permitido esperar que observaciones ulteriores viniesen á destruir esta contradiccion aparente, contradiccion que tal vez no depende, en último análisis, mas que de una anomalía oculta en las condiciones bajo las cuales ordinariamente ejerce su accion la causa principal? Tanto valdria poner en duda la naturaleza volcánica y la fluidez ígnea del basalto, porque se han presentado acá y allá, algunos casos aislados en que vetas de basalto han penetrado un lecho de carbon de tierra, sin haberle arrebatado una parte notable de su carbono; capas de asperon, sin haberle dado un aspecto de fritra ó de escoria; capas de calcáreo, sin que la creta haya sido convertida en mármol granular. En resúmen, seria imprudente abandonar el hilo conductor, ó si se quiere, la escasa luz que nos guia en la oscura region de las formaciones minerales, fundándose en

que queda alguna cosa por tratar en la historia de la trasformacion de las rocas y en la de las intercalaciones de ciertas capas alteradas en medio de estratas que no han esperimentado ninguna metamórfosis.

Despues de haber descrito la trasformacion de la cal carbonácea compacta en calcárea granular y en dolomia, nos resta hablar de un tercer modo de alteracion que los vapores de ácido sulfúrico, volcánicamente emitidos en las épocas primitivas, han producido sobre la misma roca. El espejuelo, nacido de esta reaccion ofrece analogía con los depósitos de sal gema y de azufre (este último mineral ha sido abandonado por vapores de agua cargados de vapores sulfurosos). Sobre las altas Cordilleras de Quindiu, lejos de todo volcan, he hallado depósitos de azufre que se habian formado de una manera análoga en las grietas del gneis, mientras que en Sicilia, en Cattolica, cerca de Girgenti, el azufre, el espejuelo y la sal gema pertenecen á las mas recientes capas de los terrenos secundarios, es decir, á los terrenos cretosos. He visto, sobre las orillas del cráter del Vesubio, grietas llenas de sal gema en masas bastante considerables para dar lugar alguna vez á un comercio prohibido. En los Pyrineos, ¿es imposible dudar que la aparicion de la dolomia, del espejuelo y de la sal gema no se ligue á la de las masas dioríticas (ó pyrogénicas)? Todo, en estos fenómenos, nos anuncia la accion de las fuerzas subterráneas sobre las capas sedimentarias depositadas por el océano primitivo.

Es muy difícil asignar un orígen á las poderosas hiladas de cuarzo puro, que forman uno de los rasgos característicos de las riquezas minerales de la cadena de los Andes, en la América del Sud. Desde Caxamarca hasta Guangamarca, descendiendo hácia el mar del Sud, he hallado lechos de

cuarzo de una potencia de dos á tres mil metros; estos lechos descansan ya sobre pórfiro desprovisto de cuarzo, ya sobre una diorita. Tal vez provienen de la trasformacion del asperon, como los lechos de cuarzo de la garganta de la Poissonniere (al este de Briançon), á los cuales Elias de Beaumont atribuye este orígen. En el Brasil, en los distritos de diamantes de las provincias de Minas-Geraes y de San Pablo, que han sido recientemente estudiados con esmero por Clausen, las fuerzas plutónicas de los filones de diorita han producido mica comun y hierro especulario en el itacolumito cuarzoso. Los diamantes de Grammagoa están encerrados en capas de ácido silíceo sólido; alguna vez están envueltos en hojas de mica, enteramente como los granates del micaschisto. Los diamantes mas setentrionales que se han descubierto despues de 1829 (por 58° de latitud norte, sobre la vertiente europea del Ural) se hallan en relacion geológica con la dolomia negra carbonífera de Adolfskoi, y con el pórfiro augítico; pero estas relaciones no han sido todavía suficientemente esclarecidas por buenas observaciones.

En fin, es menester colocar en el número de los mas notables fenómenos de contacto, la formacion de los granates en el eschisto arcilloso en contacto con el basalto ó la dolerita (Northumberland, isla de Anglesei), y la produccion de una gran cantidad de hermosos cristales muy variados (el granate, la vesubiana, la augita y la ceylanita que se han desenvuelto sobre la superficie de contacto de rocas de erupcion y de capas sedimentarias, ó á la union de la syenita de Monzon con la dolomia y el calcáreo compacto. En la isla de Elba, masas de serpentina, que acaso no presenten en ninguna parte con tanta claridad el carácter de rocas de erupcion, han producido sublimaciones de hierro especula-

rio y de óxido rojo de hierro en las grietas de un asperon calcáreo. Diariamente vemos ese hierro especulario depositarse así en las orillas del cráter y en las corrientes de recientes lavas del volcan de Stromboli, del Vesubio y del Etna. Estas vetas y estos filones que las fuerzas volcánicas producen á nuestra vista, en rocas que han llegado ya á cierto grado de solidificacion, nos enseñan como se han formado los filones metálicos y pedregosos, durante las primeras edades geológicas, por todas partes donde la corteza sólida de nuestro planeta, corteza entonces poco espesa, frecuentemente conmovida por los sacudimientos, resquebrajada y fracturada en todos sentidos, por consecuencia del enfriamiento y del cambio de volúmen, ha presentado numerosas comunicaciones con el interior, y multiplicadas salidas á los vapores ascendentes y á las sublimaciones de toda especie. La disposicion de las partículas en capas paralelas á las salbandas, la repeticion regular de las capas homologas en las partes opuestas de la veta *(el techo y el muro)*, la cavidad celular prolongada de la parte media, hacen conocer al instante, en un gran número de filones metalíferos, el acto plutónico de la sublimacion. Como las vetas *penetrantes* son de un orígen mas nuevo que las capas *penetradas*, las situaciones relativas del pórfiro y de las formaciones argentíferas de las minas de Sajonia, las mas ricas de toda la Alemania, prueban que estas formaciones son al menos mas recientes que los troncos de árboles del terreno hornaguero y del nuevo asperon rojo inferior (Rothliegendes).

Una inspiracion muy fecunda fué para la teoría de la formacion de la corteza terrestre, y para la del metamorfismo, la feliz idea de comparar los minerales naturales á las escorias de nuestros mas graduados hornos y procurar reproducirlos de todos retazos. Todas estas operaciones nos ofrecen, en

efecto, el juego de la mismas afinidades que determinan las combinaciones químicas en nuestros laboratorios como en el seno de la tierra. Entre los minerales formados artificialmente, se han hallado los minerales simples mas importantes de que las rocas de erupcion plutónicas ó volcánicas y las rocas metamórficas se componen, no groseramente imitados, sino reproducidos en estado cristalino, con la mas completa identidad. Sin embargo, conviene distinguir los minerales que accidentalmente se han formado en las escorias, de aquellos de que el químico se ha propuesto la reproduccion. Entre los primeros, se cuenta el feldespato, el mica, la augita, la olivina, la blenda, el óxido de hierro cristalizado (hierro especulario), el óxido de hierro magnético octaédrico y el titano metálico; entre los segundos, el granate, el idocraso, el rubí (tan duro como el rubí oriental), la olivina y la augita. Estos minerales forman las partes constituyentes del granito, del gneis y del micaschisto, del basalto, de la dolerita y de un gran número de pórfiros. La reproduccion artificial del feldespato y del mica es particularmente importante, en geologia, para la teoría de la conversion del esquisto arcilloso en gneis. El primero contiene los elementos del granito, sin esceptuar tampoco la potasa. No habria motivo de admirarse si, como ha dicho un ingenioso geólogo, M. de Dechen, sucediera que un fragmento de gneis se formase un dia sobre las paredes de un horno muy graduado construido con esquisto arcilloso y grauwacke.

Despues de haber examinado, en estas consideraciones generales sobre la parte sólida de la corteza terrestre, las tres clases fundamentales de rocas (las rocas de erupcion, las rocas de sedimento y las rocas metamórficas), nos resta todavía nombrar la cuarta y última clase que comprende los

conglomerados ó las rocas *detríticas*. Estos mismos nombres recuerdan las revoluciones de la superficie de la tierra; recuerdan tambien el acto de la *cimentacion* que ha consolidado, por la intervencion del óxido de hierro ó de materias arcillosas y calcáreas, montones de fragmentos redondos ó con esquinas vivas. Los conglomerados y las brechas, en su mas ámplia acepcion, presentan los caractéres de un doble orígen. Los materiales que los componen mecánicamente no han sido solo acumulados por las olas del mar, ó por las aguas dulces en movimiento; porque existe cierta roca detrítica cuya formacion no puede atribuirse á la accion de las aguas. «Cuando islas de basalto ó montes de trachyto han sido levantados á través de grandes fracturas, resulta de la frotacion de las masas ascendentes contra las paredes de los padrastros, que el basalto ó el trachyto se han hallado rodeados de conglomerados formados á espensas de su propia materia. Los granos que componen los asperones de un gran número de formaciones han sido desprendidos, mas bien por la frotacion de las rocas de erupcion plutónicas ó volcánicas, que por la fuerza de erosion de un mar vecino. La existencia de esta especie de conglomerado, que se encuentra en masas enormes en los dos hemisferios, revela la intensidad de la fuerza con que las rocas de erupcion se han abierto paso al través de las capas sólidas de la corteza terrestre. Las aguas se han apoderado en seguida de estos restos, y los han diseminado por capas sobre el fondo mismo que cubren hoy.» Se encuentran formaciones de asperon ingeridas entre todas las capas, desde los terrenos silurianos de transicion mas bajos, hasta en las formaciones terciarias, por cima de la creta. En los confines de las inmensas llanuras del Nuevo-Continente, dentro y fuera de los trópicos, se ven esas hiladas de asperon estenderse en largas murallas, como

para indicar la antigua orilla en que las olas del mar venian á estrellarse.

Al primer golpe de vista que se eche sobre la distribucion geográfica de las rocas, y sobre la estension que cada una ocupa en las partes accesibles de la corteza del globo, se conoce que la sustancia mas esparcida es el *ácido silíceo* ordinariamente opaco y colorido. Inmediatamente despues del ácido silíceo viene la cal carbonácea; despues las combinaciones del ácido silíceo con la alúmina, la potasa y la sosa, con la cal, la magnesia y el óxido de hierro. Las sustancias que comprendemos bajo el nombre genérico de *rocas* son asociaciones determinadas de un número muy reducido de minerales simples, á los cuales vienen á unirse algunos otros minerales parásitos, pero siempre por ciertas leyes fijas. Estos elementos no son particulares á tal ó tal roca; así el cuarzo (ácido silíceo), el feldespato y la mica, cuya reunion constituye esencialmente el granito, se hallan aislados ó combinados dos á dos, en un gran número de formaciones diferentes. Una cita bastará para mostrar cuanto pueden variar las proporciones de estos elementos de una roca á otra, por ejemplo, de una roca feldespática á una roca micacea: Mitscherlich ha hecho ver que, si se añade al feldespato tres veces la cantidad de alúmina, y el tercio de la proporcion de sílice que ya encierra se obtiene la composicion química del mica. Estos dos minerales contienen potasa cuya presencia en un gran número de rocas es un hecho anterior, sin duda alguna, á la aparicion de los vegetales en la tierra.

El órden de superposicion de las estratas sedimentarias, de las capas metamórficas y de los conglomerados, la naturaleza de los terrenos que las rocas de erupcion han alcanzado ó atravesado, la presencia de los restos orgánicos y sus diferencias de estructura, tales son los indicios que permiten

reconocer la edad relativa de las formaciones sucesivas; tales son los monumentos de la historia del globo y los puntos marcados de su cronología que el génio de Hooke presintió en otros tiempos. La aplicacion de los medios de ensayo botánicos y zoológicos, para determinar la edad de las rocas, ha señalado la era mas brillante de la geognosia moderna. Bajo la influencia vivificadora de los estudios paleontológicos, la teoría de las formaciones sólidas de la corteza del globo, se ha desembarazado al fin, por lo menos en el continente, de sus travas originales, para tomar un carácter enteramente nuevo de profundidad y de variedad.

Las capas fosilíferas son las catacumbas en que yacen los *faunos* y las *floras* de las épocas anteriores. Cuando descendemos de capa en capa para estudiar sus relaciones de superposicion, se ofrecen á nuestra vista generaciones absorbidas de animales y de vegetales, y remontamos en realidad á la série de las edades. Cada cataclismo del globo, cada levantamiento de esas cadenas de montañas de que podemos determinar la antigüedad relativa, ha sido señalado por la destruccion de las especies antiguas y por la aparicion de nuevas organizaciones. Como para marcar la transicion, han subsistido algunas especies antiguas, durante cierto tiempo, en medio de las creaciones mas recientes. Esta última espresion, digámoslo de paso, imputa la limitacion forzada de nuestros conocimientos sobre el ser, y en el lenguage figurado que nos sirve para disfrazar esta limitacion, llamamos *creaciones nuevas* el fenómeno histórico de las variaciones que sobrevienen por intérvalos, ya en las formas orgánicas, ya en los lechos de los mares primitivos, ya en los ámbitos de los continentes levantados. Frecuentemente se han conservado intactos estos séres organizados hasta en los menores detalles de su tejido, de sus celdillas y de sus divisiones. Se

ha hallado, en el oolito inferior (lias de Lyme-Regis), una sepia tan admirablemente conservada, que se ha podido sacar el color destinado á pintar su imágen, de la materia negruzca de que este animal se servia, hace millares de años, para escapar de sus enemigos. En otras partes no se hallan mas que vestigios; por ejemplo, las huellas que un animal ha dejado corriendo sobre una arcilla blanda, ó los resíduos de su digestion *(coprolithos)*. Otras capas nos ofrecen solo la señal de una concha; pero si esta concha pertenece á un *género característico*, no es menester mas para reconocer al instante la formacion en que ha sido recogida, y la naturaleza de los otros restos orgánicos que se han sumergido con ella. La concha que el viagero trae de sus escursiones nos cuenta la historia de los paises donde se ha hallado.

El estudio analítico del reino animal y vegetal del mundo primitivo ha seguido una doble direccion; de esto han resultado dos ciencias. La una, puramente morphológica, describe los organismos y se aplica á su fisiologia; procura llenar, con las formaciones estinguidas, las lagunas que se presentan en la série de los séres actualmente vivos. La segunda es mas especialmente geológica, considera los restos fósiles en sus relaciones con las capas sedimentarias donde se les encuentra y que pueden servir para fijar su antigüedad relativa. Mucho tiempo ha predominado la primera. Comparando de una manera demasiado superficial las especies fósiles con las especies actuales, se habia caido en un error cuyas huellas se encuentran aun actualmente en las singulares denominaciones que se dieron á ciertos cuerpos de la naturaleza. Se creia reconocer las especies vivas entre las organizaciones ya estinguidas, así como en el siglo XVI, se confundia, por falsas analogías, á los animales del antiguo mundo con los del nuevo continente. Pedro Camper,

Sœmmering y Blumenbac, fueron los primeros que entraron en una via mas razonable; y á ellos se debe atribuir el mérito de haber aplicado los recursos de la anatomía comparada, de una manera verdaderamente científica, á la parte de la paleontologia (esa arqueologia de la organizacion) que se ocupa de los esqueletos de los grandes animales vertebrados. Mas los grandes trabajos de Jorge Cuvier y de Alejandro Brongniart han fundado la geologia de los fósiles por la feliz combinacion de los tipos zoológicos con el órden de sucesion y la edad relativa de los terrenos.

Las mas antiguas capas sedimentarias y los terrenos de transición presentan, en los restos orgánicos que encierran, una mezcla de formas muy diversamente colocadas en la série progresiva de los sêres. En materia de plantas no contienen estas capas mas que escasas ovas, lycopodiaceas tal vez arborescentes, equisetaceas y helechos tropicales; pero entre las organizaciones animales, encontramos en estas capas una asociacion singular de crustaceos (trilobitos con ojos reticulares), brachiopedas (esperiferas, orthis), elegantes espheronitas que se aproximan á las crinoidas, orthoceratitos de la familia de los cephalopodes, y polipiarios pedregosos; despues, en medio de estas organizaciones inferiores, se hallan ya pescados de una forma estraña en las capas superiores del sistema siluriano. La familia de los cephalaspidos de pesadas conchas, de que ciertos fragmentos del género pterichtys se han tenido mucho tiempo por trilobitos, caracterizan esclusivamente la formacion devoniana (Old red); segun Agassiz, esta familia constituye un tipo tan claramente pronunciado en la série de los pescados como los ichthyosauros y los plesiosauros entre los reptiles. Los goniatas, de la tribu de los ammonitas, empiezan igualmente á manifestarse en el calcáreo de transicion, en

la gráuvaca de las capas devonianas y aun en las últimas capas del sistema siluriano.

No se ha logrado, hasta de presente, conocer relacion bien cierta entre la edad de los terrenos y la gradacion fisiológica de las especies que encierran, tratándose de los invertebrados; al contrario, esta dependencia se manifiesta de la manera mas regular para la clase de los animales vertebrados. Entre estos, los mas antiguos, como acabamos de ver, son los pescados; despues, recorriendo de abajo arriba la série de las formaciones, se hallan sucesivamente los reptiles y los mamíferos. El primer reptil (un sauriano del género monitor, segun Cuvier) se encuentra en el esquisto cobrizo del zechstein, en Turinga; ya habia llamado la atencion de Leibnitz; segun Murchison, el paleosauro y el thecodontosauro de Bristol son de la misma época. El número de los saurianos aumenta en el calcáreo conchoso, en el keuper y en la formacion jurásica, donde llega á su máximum. En la época de esta formacion, vivian plesiosauros de cuello largo de cisne compuesto de treinta vórtebras, el megalosauro, cocodriliano gigantesco de 15 metros de longitud; los huesos de sus piés se asemejan á los de un pesado mamífero terrestre; ocho especies de ichthyosauros, el geosauro ó la *Lacerta gigantea* de Sœmmering, en fin siete especies de diformes ptedoractylos ó saurianos provistos de alas membranosas. El número de los saurianos semejantes á los cocodrilos disminuye ya en la creta; sin embargo se hallan, en esta formacion, el *cocodrilo de Maestricht* (el mosesauro de Conybeare), y el colosal iguanodon, que tal vez era herbívoro. Segun Cuvier, los animales pertenecientes á la especie actual de los cocodrilos remontan casi á la formacion terciaria; y aun el *hombre testigo del diluvio*, de Sheuchzer (homo diluvii testis),

grande salamandra aliada al axolotl que he traido de los grandes lagos situados en las cercanías de Méjico, pertenenece á las mas recientes formaciones de agua dulce de Œningen.

Procurando leer en el órden de superposicion de los terrenos la edad relativa de los fósiles que contienen, se han descubierto importantes relaciones entre las familias y las especies (estas últimas siempre poco numerosas) que han desaparecido, y las familias ó las especies aun vivas. Todas las observaciones están de acuerdo en que los faunos y las floras fósiles difieren tanto mas de las formas animales ó vegetales actuales cuanto mas inferiores son las formaciones sedimentarias en que yacen, es decir, mas antiguas. De esta suerte han tenido lugar sucesivamente grandes variaciones en los tipos generales de la vida orgánica; estos fenómenos grandiosos, señalados primero por Cuvier, ofrecen relaciones numéricas, de que Deshayes y Lyell han hecho objeto de sus investigaciones, y han conducido ya á estos dos sábios á resultados decisivos, especialmente para los fósiles tan numerosos y tan bien conocidos de las formaciones terciarias. Agassiz, que ha examinado 1700 especies de pescados fósiles, y que lleva á 8000 el número de las especies actuales, descritas ó conservadas en nuestras colecciones, afirma en su grande obra, «que, salvo un solo pescado pequeño fósil, particular á las geodas arcillosas del Grœnland, no ha encontrado jamás, en los terrenos de transicion ni en los terrenos secundarios y terciarios, animal de esta clase que fuese idéntico á un pescado actualmente vivo;» añade esta importante nota: «La tercera parte de los fósiles del calcáreo grosero y de la arcilla de Londres pertenece ya á familias estinguidas; bajo la creta, no se halla ya un solo género de pescado de la época actual,

y la singular familia de los *sauroides* (pescados cuyas escamas están cubiertas de esmalte, que casi se aproximan á los reptiles, y remontan de la formacion carbonífera en que yacen sus mas grandes especies, hasta la creta donde aun se encuentran algunos individuos) presenta, con dos especies que habitan hoy el Nilo y ciertos rios de la América (el lepidosteo y el polyptero), las mismas relaciones que existen entre nuestros elefantes ó nuestros tapires, y los mastodontes ó los anaplotherium del mundo primitivo.»

Sea lo que quiera, las bellas investigaciones de Ehremberg han probado que las capas de creta en que yacen todavía dos especies de estos pescados sauroides, de los reptiles gigantescos y todo un mundo destruido de corales y de conchas, están enteramente compuestas de polythalamos microscópicos, de que un gran número vive hoy en nuestros mares y aun, bajo las latitudes medias, en el mar del Norte y en el Báltico. Así, en todo rigor, el grupo terciario que descansa inmediatamente encima de la creta, grupo ordinariamente llamado capas del período *eoceno*, no merece éste nombre, «porque la aurora del mundo en que vivimos se estiende mucho mas adelante en las edades anteriores de lo que se ha creido hasta de presente.

Acabamos de ver que los mas antiguos vertebrados, los pescados, se muestran en todas las formaciones, á partir de las estratas silurianas de transicion, hasta las capas de la época terciaria. Del mismo modo empiezan los saurianos en el zechstein. Si añadimos que la formacion jurásica (eschista de Stonesfiel) nos presenta los primeros mamíferos (el thylacotherium Prevostii y t. Bucklandi, aliado á los marsupiales, segun Valenciennes) y que el primer pájaro fué hallado en el mas antiguo depósito de la formacion cretácea, tendremos indicados los límites inferiores de las cua-

tro grandes divisiones de la série de los vertebrados. Tal es, sobre este punto, el estado actual de la paleontologia.

En cuanto á los animales sin vértebras, los corales pedregosos y las serpulitas se hallan, en las mas antiguas formaciones, con cephalopodes y crustaceos de una organizacion muy elevada; así los órdenes mas diferentes de esta parte de la série animal están confundidos. Sin embargo han podido descubrirse leyes fijas para muchos grupos aislados pertenecientes á un mismo órden. Conchas fósiles de la misma especie, goniatitos, tribolitos, nummulitos, forman montañas enteras. Donde diferentes géneros están mezclados, existe muchas veces una relacion regular entre la série de los organismos y las de las formaciones; se ha observado tambien que la asociacion de ciertas familias y de ciertas especies sigue una ley regular en las estratas superpuestas cuyo conjunto constituye una misma formacion. Así es como despues de haber clasificado los ammonitas en familias bien definidas, con ayuda de su ingeniosa ley de la disposicion de los lóbulos, Leopoldo de Buch ha mostrado que los ceratitos pertenecen al muschelkalk (calcáreo conchoso), los arietes al lias, los goniatitos al calcáreo de transicion y á la grauvaca. Los belemnitas tienen su límite inferior en el keuper, situado por bajo del calcáreo jurásico, y su límite superior en la creta. Hoy se sabe que las aguas han estado habitadas en las mismas épocas y en las zonas mas apartadas por testáceos idénticos, al menos en parte, á los fósiles de Europa. Por ejemplo, Leopoldo de Buch ha señalado en el hemisferio austral (volcan de Maypo, Chile) exogyras y trigonias, d'Orbigny ha indicado ammonitas y grypheas del Himalaya y de las llanuras indias de Cutch, que son exactamente de la misma especie que las del antiguo mar jurásico, en Francia y en Alemania.

Las capas cuya naturaleza ha sido determinada por los fósiles ó por los guijarros que encierran, constituyen un *horizonte geológico* segun el cual el observador indeciso puede orientarse y reconocer la *identidad* ó la *antigüedad* relativa de las formaciones, la *repeticion* periódica de ciertas capas, su *paralelismo* ó su *supresion* completa. Cuando se quiere abrazar así, en toda su sencillez, el tipo general de la formacion sedimentaria, se encuentran sucesivamente yendo de abajo arriba:

1.° El *terreno de transicion*, dividido en grauvaca inferior y superior, ó en sistemas siluriano y devoniano; el último llevaba en otro tiempo el nombre de viejo asperon rojo.

2.° El *trias inferior*, que comprende el calcáreo de montaña, los terrenos carboníferos, el nuevo asperon rojo inferior (todtliegendes), y el calcáreo magnesiano (zechstein).

3.° El *trias superior*, que comprende los asperones abigarrados, el calcáreo conchoso y el keuper.

4.° El calcáreo jurásico (lias y oolitho).

5.° El *asperon macizo* (quadersándstein), la creta inferior y superior; así como las últimas capas que empiezan en el calcáreo de montaña.

6.° Las *formaciones terciarias*, que comprenden tres subdivisiones caracterizadas por el calcáreo grueso, el carbon pardo ó lignito, y las arenas gruesas sub-apeninas.

Despues vienen los terrenos de trasporte (alluvium), que contienen huesos gigantes de los maniferos del antiguo mundo; tales como los mastodontes, el dinotherium y los megatheridos; entre éstos últimos, se nota el mylodon de Owen, especie de perezoso largo de tres metros y medio. A estas especies estinguidas vienen á unirse los restos fósiles de animales cuyas especies viven hoy; el rinoceronte, el

elefante, el buey, el caballo y el ciervo. Hay cerca de Bogotá, á 2660 metros sobre el nivel del mar, un campo lleno de huesos de mastodontes *(campo de gigantes)*, en el cual he hecho ejecutar escavaciones con el mayor cuidado; en cuanto á los huesos de los llanos de Méjico, pertenecen á ciertas razas estinguidas de verdaderos elefantes. Los estribos del Himalaya (las colinas de Sewalik, que han sido estudiadas con tanto celo por el capitan Cautley y el doctor Falconer), encierran igualmente numerosos mastodontes; tambien se hallan el sivatherium y la gigantesca tortuga terrestre, larga de 4 metros, y alta de 2 metros (colossochelys); despues restos pertenecientes á especies actualmente vivas, elefantes, rinocerontes, girafas, y, cosa notable, estos fósiles pertenecen á una zona en que domina aun hoy el clima tropical que se cree haber reinado en la época de los mastodontes.

Despues de haber comparado así la série de las formaciones inorgánicas cuya corteza terrestre se compone con los restos organizados que encierran, nos resta bosquejar el reino vegetal de los mundos primitivos y manifestar como la ampliacion de la tierra firme y las modificaciones de la atmósfera han traido el desarrollo de las flores sucesivas. Como se ha visto ya, las mas antiguas capas de transicion no encierran mas que plantas marinas con hojas celulares; las estratas devonianas son las primeras en que se hallan algunas formas cryptogamas de plantas vasculares (calamitas, lycopodiaceas). Se habia creido poder deducir de ciertas miras teóricas sobre *la sencillez de las formas primitivas de los séres organizados*, que la vida vegetal habia precedido á la vida animal, y que la primera era la condicion necesaria del desarrollo de la segunda. Pero ningun hecho parece justificar esta hipótesis; por otra parte las razas humanas que

han sido repelidas en otros tiempos á las regiones glaciales del polo ártico, se alimentan esclusivamente de pescados y de cetaceos y prueban, por el hecho mismo de su existencia, que en rigor las sustancias vegetales no son indispensables á la vida animal. Despues de las capas devonianas y el calcáreo de montaña, viene una formacion cuyo análisis botánico ha hecho brillantes progresos en estos últimos tiempos. El *terreno hornaguero* comprende no solo plantas cryptogamas análogas á los helechos y monocotyledonas phanerogamas (céspedes, liliaceas análogas al yucca y palmeras) sino dicotyledonas gymnospermas (coniferos y cycadeas). Ya se conocen cerca de cuatrocientas especies de la flora del terreno hornaguero. Nos limitarémos á citar las calamitas y las lycopodiacéas arborescentes, las lepidodendron escamosas, las sagillárias de veinte metros de longitud, alguna vez derechas y arraigadas; estas últimas se distinguen por un doble sistema de fasciculos vasculares; las estigmarias semejantes á las cacteas; un número inmenso de frondas de helechos frecuentemente acompañados de sus troncos y cuya abundancia prueba que la tierra firme de las épocas primitivas era puramente insular; cycadeas y sobre todo palmeras en menor número que los helechos; asterophylitas de hojas verticilarias, aliadas á las nayades; coníferos semejantes á ciertos pinos del género araucaria con débiles vestigios de anillos anuales. Todo este reino vegetal se ha desarrollado ámpliamente en las partes levantadas y secas del viejo asperon rojo, y los caractéres que lo distinguen del actual mundo vegetal se han mantenido, á traves de los periodos siguientes, hasta las últimas capas de la creta. Pero la flora de formas tan estrañas de los terrenos hornagueros presenta en todos los puntos de la tierra primitiva (en la Nueva-Holanda, en el Canadá, en la Groen-

landia y en las islas Melville) una uniformidad palpable en los géneros, sino en las especies.

Uno de los caractéres principales de la flora primitiva, es el de ofrecernos formas vegetales cuya analogía con numerosas familias del mundo actual prueba que en ellas han perecido miembros numerosos de la série orgánica. Así, para limitarnos á dos ejemplos, las especies de lepidodendron vienen á colocarse, segun Lindley, entre los coníferos y las lycopoditas; al contrario, las araucaritas y las pinitas presentan alguna cosa de estraño en la reunion de sus fascículos vasculares. Aun restringiendo nuestras observaciones al mundo actual, no podríamos rehusar una alta significacion al descubrimiento de sycadeas y de árboles de raices pivotantes (coníferos), en la flora del terreno hornaguero, al lado de sagenaria y de lepidodendra. En efecto, los coníferos no tienen solamente analogía con los cupulíferos y los betulíneos de que están acompañados en la formacion de lignitos, tienen tambien con los lycopoditos. La familia de las cycadeas se aproxima á las de las palmeras por el porte y el aspecto esterior, mientras que se asemeja esencialmente á los coníferos en cuanto á la estructura de las flores y de los granos. Donde muchos lechos de carbon de piedra están superpuestos, no se hallan los vegetales repartidos confusamente, sin distincion de géneros ni de especies; lo mas comun es que estén dispuestos por géneros, de tal suerte que los lycopodytos y ciertos helechos se hallan en una capa, las estigmarias y las sigilarias en otra capa. Para formarse una idea del grado de desarrollo que la vida vegetal habia tomado en el mundo primitivo, y de la masa de vegetales acumulado en ciertos lugares por las corrientes y trasformados en seguida en carbon por la via húmeda, es menester traer á la memoria las hulleras de Saarbruck, donde se ven

ciento y veinte lechos de carbon sobrepuestos, sin contar un gran número de otras capas menos espesas, cuya potencia no escede de un tercio de metro; es menester acordarse que hay lechos de carbon de piedra de 10 metros y aun de diez y seis de potencia, por ejemplo, en Johnstone (Escocia) y en el Creuzot (Borgoña); mientras que los árboles que cubren una superficie dada en las regiones selváticas de nuestras zonas templadas, formarian apenas, en cien años, sobre esta superficie, una capa de carbono de 16 milímetros de espesor. Cerca de la embocadura del Missisipí y á las orillas del mar Glacial donde el almirante Wrangel ha visto y descrito las *montañas de madera*, se hallan aun en el dia montones considerables de troncos de árboles acarreados por los rios y por las corrientes del mar; estas capas de *madera flotada* pueden dar una idea de lo que ha debido pasar en las aguas interiores y en las bahías insulares del mundo primitivo. Añadamos que las capas carboníferas deben una parte considerable de la materia de que están formadas, no á grandes árboles, sino á masas de césped, de arbustos ramosos y de pequeños cryptógamos.

Acabamos de decir que palmeras y coníferos se hallan reunidos en el terreno hornaguero; su asociacion se reproduce en todas las formaciones y continúa bien adelante en el periodo terciario. Hoy, se diria que huyen. Estamos de tal manera habituados, aunque sin razon, á considerar los coníferos como una esencia setentrional, que yo mismo quedé sorprendido de encontrar un espeso bosque de pinos (*Pinus occidentalis* semejante al pino de lord Weimouth) entre la Venta y el Alto que hay, á mil y doscientos metros sobre el nivel del mar. Subí entonces desde las costas del mar del Sud hácia Chilpansingo y los elevados valles de Méjico: un dia necesité entero para atravesar esta selva singular, en

la cual los árboles coníferos estaban mezclados con palmeras de abanico (*corypha dulcis*); cubiertas de papagayos de diversos colores. La América del Sud produce encinas, pero no alimenta una sola especie de pino, y la primera vez que un abeto se ofreció á mi vista como un recuerdo de mi patria, estaba situado cerca de una palmera de abanico. Lo mismo sucedió á Cristobal Colon, cuando su primer viage de descubrimiento, que vió coníferos y palmeras mezcladas en la punta oriental del norte de Cuba, por consecuencia entre los trópicos, pero apenas por cima del nivel del mar. Este hombre profundo, á quien nada se ocultaba, habla de este hecho en su diario de viage, como de una singularidad, y su amigo Anghiera, secretario de Fernando el Católico, refiere con admiracion «que se hallan á la vez pinos y palmeras en el pais nuevamente descubierto.» Es de grande interés para la geología, comparar la distribucion actual de las plantas sobre la superficie de la tierra con la geografía de las floras estinguidas. La zona templada del hemisferio austral, de que Darwin ha descrito con tanto arte las numerosas islas, las aguas abundantes y la maravillosa vegetacion, que participa á la vez de la flora de los trópicos y de la de los paises frios, ofrece los ejemplos mas instructivos para la geografía de las plantas modernas y para la de las plantas primitivas. Luego, esta última es, sin duda alguna, un ramo importante de *la historia del reino vegetal*.

Las cycadeas que, segun el número de las especies fósiles perteneciente á esta tribu, debieron representar en el mundo primitivo un papel mucho mayor que en el mundo actual, acompañan á sus aliados los coníferos á partir de la época en que se formaron los lechos de carbon. Faltan casi enteramente en el período de los asperones abigarrados; pero tambien ciertos coníferos (*Voltzia*, *Haidingera*, *Al-*

bertia) se han desarrollado poderosamente en este período. Las cycadeas llegan á su máximun en el keuper y en el lias, donde se han hallado veinte especies distintas. En la creta predominan plantas marinas y náyades. Así, los bosques de cycadeas de la formacion jurásica han desaparecido hace mucho tiempo; y aun en los mas antiguos grupos de la formacion terciaria, se encuentran apartados mucho mas abajo de los coníferos y de las palmeras.

Los *lignitos* ó las capas de *carbon pardo*, que se hallan en cada division del período terciario, contienen en medio de los mas antiguos cryptogamos terrestres algunas palmeras, un gran número de coníferos con anillos anuales bien marcados, y arbustos ramosos de un carácter mas ó menos tropical. El período terciario medio está señalado por la vuelta de las palmeras y de las cycadeas. En fin, la vegetacion del último período ofrece una grande analogía con la flora actual. Nuestros pinos y nuestros abetos, nuestros cupulíferos, nuestros arces y nuestros chopos aparecen sin transicion, en toda la plenitud de sus formas. Los troncos de dicotyledoneas, escondidos en los lignitos, se distinguen alguna vez por sus enormes dimensiones y por su avanzada edad. Nœggerath halló, cerca de Bonn, uno de estos troncos, en el cual contó 792 anillos anuales; en la Francia setentrional, en Iseux (cerca de Abbeville), se ha descubierto, en los hornagueros de la Somme, una encina de cuatro metros y medio de diámetro, espesor estraordinario para las regiones extra-tropicales del antiguo continente. Segun las investigaciones de Gœppert (es de esperar que estos bellos trabajos aparezcan pronto con láminas esplicativas), «todo el ámbar del Báltico proviene de un conífero que, á juzgar por los fragmentos de madera y de corteza de diversas edades, debia formar una *especie particular* muy

semejante á nuestros abetos blancos y rojos. El *árbol de ámbar* del mundo primitivo (pinites sucoifer) era mas resinoso que ningun conífero del mundo actual; no solamente la resina está colocada, como en estos últimos, sobre la corteza y en el interior de la corteza, sino tambien en la misma madera, de que se distinguen muy claramente con el microscopio las celdillas y los radios medulares llenos de sucino; esta resina forma tambien grandes masas blancas y amarillas entre los anillos concéntricos del leñoso. Entre las materias vegetales engastadas en el ámbar, se han hallado flores machos y hembras de cupulíferos y de árboles indígenos con hojas aciculares; pero fragmentos muy conocidos de *thuja*, de *cupressus*, de *ephedera*, y de *castania vesca*, mezclados á los fragmentos de nuestros abetos y de nuestros enebros, revelan una vegetacion diferente de la que ahora reina sobre el litoral del mar Báltico y del mar del Norte.»

Acabamos de recorrer, en la parte geológica del cuadro de la naturaleza, toda la série de las formaciones, desde las rocas de erupcion y las capas sedimentarias mas antiguas, hasta el terreno de trasporte sobre el cual yacen los bloques erráticos. Se ha supuesto que estos bloques habian sido trasportados por ventisqueros ó por montañas de hielo flotantes; nosotros vemos en ellos mas bien un efecto de la caida impetuosa de las aguas, retenidas primero en depósitos naturales y desencadenadas luego por el levantamiento de las montañas. Ultimamente, el orígen de estas masas aisladas, de que no hablamos aquí sino por incidencia, será todavía por mucho tiempo asunto de discusion. Los mas antiguos miembros de la formacion de transicion son el esquisto y la grauvaca, donde se hallan algunas plantas marinas provenientes del mar siluriano, *llamado no ha*

mucho mar cambriano. Estos *terrenos primarios*, como los llaman, descansan sobre el gneis y el micasquisto; pero si estas dos rocas deben ser ellas mismas consideradas como capas sedimentarias trasformadas, ¿sobre qué base, pues, se han depositado los mas antiguos sedimentos? Aquí se pierde nuestro medio de investigacion, que es la observacion directa, y estamos abandonados á las conjeturas. Segun un mito de la cosmogonia india, la tierra es llevada por un elefante; el elefante mismo, á fin de que no caiga, es llevado á su vez por una tortuga gigantesca; pero no es permitido á los crédulos bramas preguntar lo que sostiene á la tortuga. Abordamos aquí un problema igual, así es que debemos esperar que nuestra solucion no se oscurecerá á los críticos. Se ha visto, en la parte astronómica de esta obra, como se ha formado nuestro planeta á espensas de la atmósfera primitiva del Sol; es verosímil que la materia nebulosa de los anillos separados de esta atmósfera y circulando al rededor del Sol, se haya aglomerado en esferoide; despues se ha operado la condensacion sucesivamente, procediendo de las capas esteriores hácia el centro; en fin, se ha formado una primera corteza sólida. Las capas superiores de esta corteza constituyen lo que llamamos las mas antiguas capas silurianas. Las rocas de erupcion que atravesaron y levantaron estas capas surgieron de profundidades inaccesibles para nosotros. Existian, pues, enteramente ya formadas, por bajo del sistema siluriano, semejantes á esas rocas que vemos acá y allá aparecer en la superficie y que hemos llamado granito, roca augitica, ó pórfiro cuarzoso. Guiados por la analogía, podemos admitir que las materias que han penetrado las estratas sedimentarias y que han colmado las hendiduras, son simples ramificaciones de una hilada inferior. Los focos de los volcanes

todavía activos están situados en profundidades enormes, y si juzgo por los fragmentos incrustados en la lava de los volcanes que he estudiado bajo las zonas mas diversas, debo creer que una roca granítica primitiva forma el sostenimiento de todo el edificio de las capas superpuestas de que se compone la corteza terrestre. Si es cierto que el basalto compuesto de olivina no se manifiesta antes del período cretaceo, si los traquitos han aparecido aun mas tarde, no es menos cierto que las erupciones graníticas pertenecen á la época de las mas antiguas capas sedimentarias; la prueba está escrita hasta en la metamórfosis de estas últimas capas. Hemos comparado todos estos hechos con cuidado; pero una vez que el objeto de nuestras investigaciones se escapa de la intervencion de los sentidos, hemos debido resolvernos á tomar la analogía por guia y á raciocinar por induccion: así es como hemos intentado restituir al viejo granito una parte de sus derechos disputados á título de *roca primordial*.

Los recientes progresos de la geognosia nos permiten concebir como la determinacion de las *épocas geológicas* con ayuda de los caractéres suministrados por la composicion mineralógica de los terrenos por la série de los organismos de que contienen los restos, por el modo de estratificacion de las capas enderezadas, contorneadas ú horizontales, puede conducir, á través del encadenamiento íntimo de los fenómenes, al estudio de la *reparticion de las masas sólidas y líquidas*, de los continentes y de los mares que forman la corteza de nuestro planeta. Y efectivamente existe un punto de contacto entre la historia de las revoluciones del globo y la descripcion de su superficie actual, entre la geología y la geografía física; estas dos ciencias concurren á fundar la doctrina general de la forma y de la division de los

continentes. Los contornos que separan la tierra firme del elemento líquido, y las relaciones de estension de sus respectivas superficies han variado singularmente en la larga série de las épocas geológicas. Han variado cuando el carbon de tierra formaba sus lechos horizontales sobre las capas levantadas del calcáreo de montaña y del viejo asperon rojo. Han variado tambien cuando el lias y el oolito se depositaban sobre las hiladas del keuper y del calcáreo conchoso, ó cuando la creta se precipitaba sobre las faldas de la arena verde y del calcáreo jurásico. Si damos, con Elie de Beaumont, los nombres de *mar jurásico* y de *mar cretacea* á las aguas de que el oolito y la creta se han separado formando depósitos limosos, reconocemos al instante que los límites de estas dos formaciones indican para las épocas geológicas correspondientes la línea de demarcacion entre la tierra firme y las aguas de un océano entonces en via de engendrar una parte sólida de la corteza terrestre. Se ha tenido la ingeniosa idea de diseñar la carta de esta parte de la geografía primitiva: carta mas segura tal vez que las de los viajes de Io y de la Odisea de Homero; porque en estas, son opiniones ó mitos; en las primeras, son los hechos positivos de la geología los que se trata de representar gráficamente.

He aquí el resultado de las investigaciones que se han hecho con el fin de determinar la estension de la tierra firme en diferentes épocas. En los tiempos mas remotos, durante los períodos de transicion siluriana y devoniana, y hácia las primeras formaciones secundarias, comprendido el trias, el suelo continental consistia esclusivamente en islas separadas cubiertas de vegetales. En los períodos siguientes se han anudado estas islas las unas á las otras, de manera que forman numerosos lagos y golfos profundamente cor-

tados. En fin, cuando fueron levantadas las cadenas de los Pirineos, de los Apeninos y de los montes Karpathas, por consecuencia hácia la época de los primeros terrenos terciarios, los grandes continentes aparecieron casi bajo la forma que tienen al presente. En el mundo siluriano, y en la época en que reinaron las cycadeas y los saurianos gigantescos, la estension de los terrenos emergidos fué ciertamente menor, de un polo á otro, que lo es hoy en el mar del Sud y en el Océano Indio. Mas adelante veremos como esta preponderancia del elemento líquido ha podido concurrir, con otras causas, á regularizar los climas y á mantener una alta temperatura. Aquí, es necesario añadir, para acabar la descripcion del aumento (agglutination) sucesivo de las tierras emergidas, que poco tiempo antes de los cataclismos que han traido, por intérvalos mas ó menos largos, la destruccion súbita de un número tan grande de vertebrados giganteseos, una parte de las masas continentales ofrecia ya las divisiones actuales. Esta semejanza se estendia aun mas lejos, segun la grande analogía que reina, en la América del Sud y en las tierras australes, entre los animales indígenas actuales y las especies estinguidas. Se han hallado, por ejemplo, en la Nueva-Holanda, restos fósiles de kangourous, y en la Nueva-Zelanda, los huesos medio fosilizados de un pájaro gigantesco, semejante al avestruz, el dinornis de Owen, aliado al apteryx actual, pero un poco diferente del dronte (dodo) de la isla Rodriguez, cuya especie desapareció muy tarde.

Nuestros continentes deben tal vez su altura sobre el nivel general de las aguas ambiantes á la erupcion del pórfiro cuarzoso que tan violentamente ha trastornado la primera gran flora terrestre y las estratas del terreno hornaguero. Las partes unidas de los continentes á las cuales damos el

nombre de llanuras, no son en realidad mas que las faldas estremadamente anchas de colinas y de montañas cuyos piés yacen al nivel del fondo del mar; en otros términos, cada llanura es una meseta con relacion al suelo submarino. Las desigualdades primitivas de estas mesetas han sido niveladas por las capas sedimentarias, y despues cubiertas por los terrenos de aluvion.

Esta parte del cuadro de la naturaleza se compone de una série de consideraciones generales cuyo órden no es arbitrario. En primera línea debe figurar la valuacion de la cantidad de las tierras levantadas sobre el nivel del mar. En seguida viene el exámen de la *configuracion* particular de cada gran masa en el *sentido horizontal* (forma articulada de los continentes), y en el *sentido vertical* (hypsometria de las cadenas de montañas). En fin, el cuadro se completa con la descripcion de las dos envolturas que cubren á nuestro planeta; una es *general*: esta es la atmósfera compuesta de fluidos elásticos; la otra es *local*, es decir limitada á ciertas regiones: es el mar que fija los límites de la tierra firme y determina su figura. Estas dos envolturas el aire y el agua, constituyen un conjunto natural. Suministran á la superficie de la tierra, la variedad de climas, segun las relaciones de estension superficial de la tierra y del mar, segun la forma articulada y la orientacion de los continentes, segun en fin la altura y la direccion de las cadenas de montañas. Resulta, pues, de este influjo recíproco del aire, del mar y de la tierra firme, que los grandes fenómenos meteorológicos no pueden comprenderse sin el auxilio de la geognosia. Y así la meteorología, y la geografía de las plantas y la de los animales no han hecho verdaderos progresos hasta la época en que esta dependencia mútua ha sido reconocida con claridad. Verdad es que la voz *clima* desig-

ta una constitucion particular de la atmósfera; pero esta constitucion se halla á su vez sometida al doble influjo del *mar*, surcado en la superficie y en las profundidades de corrientes de temperaturas muy diversas y de la *tierra firme* cuya superficie articulada, accidentada y coloreada de mil maneras, ya desnuda, ya cubierta de bosques ó de céspedes, despide el calórico con una intensidad estremadamente variable.

En el estado actual de la parte esterior de nuestro planeta, la superficie de la tierra firme está en relacion con la del elemento líquido de 1 á 2 $\frac{4}{5}$, ó, segun Rigaud, en la relacion de 100 á 270. Las islas reunidas igualarán apenas la vigésimatercia parte de las masas continentales; están repartidas de una manera tan poco regular, que ocupan en el hemisferio boreal tres veces mas de superficie que en el hemisferio austral. Desde los 40 grados de latitud sud hasta el polo antártico, la corteza terrestre está casi enteramente cubierta de agua; el hemisferio austral es, pues, esencialmente oceánico. El elemento líquido predomina igualmente en el espacio comprendido entre las costas orientales del Antiguo Continente y las costas occidentales del Nuevo-Mundo; allí no está interrumpido sino por algunos archipiélagos, y bajo los trópicos, reina sobre 145 grados de longitud; así es que el sábio hydrógrafo Fleurieu ha dado muy exactamente á esta ancha cavidad el nombre de *Grande Océano*, á fin de distinguirlo de todos los otros mares. El hemisferio austral y el hemisferio occidental (occidental contando aquí á partir del meridiano de Tenerife) son las regiones del globo mas abundantemente provistas de agua.

Tales son los principales datos que es menester tener en cuenta cuando se trata de comparar las superficies respecti-

vas de la tierra firme y del mar, y de estudiar la influencia que estas relaciones ejercen sobre la distribucion de las temperaturas, las presiones variables de la atmósfera, la direccion de los vientos, el estado hygrométrico del aire, y, por consecuencia, sobre el desarrollo de la vegetacion. Si se considera que el agua cubre cerca de tres cuartas partes de la superficie total del globo, nos causa menos estrañeza la imperfeccion en que ha permanecido la meteorología hasta principios de este siglo; porque desde entonces se cuenta la época en que se ha empezado á recojer y á discutir una porcion considerable de observaciones exactas sobre la temperatura del mar, en diferentes latitudes, y en diferentes estaciones del año.

Ya en la antigüedad, los filósofos griegos especulaban sobre la configuracion horizontal de la tierra firme. Entonces se buscaba cual era la estension máxima en el sentido de oeste á este, y segun el testimonio de Agathemero, Dicearco habia hallado este máximun bajo la latitud de Rhodas, en la direccion de las columnas de Hércules á Thené. Esta línea es la que se llama el *paralelo del diaphragma de Dicearco*; la exactitud de su posicion astronómica, discutida por mí en otra obra, puede con justicia escitar la admiracion. Guiado sin duda por las idea de Eratosthenes, parece que Estrabon fué tan firmemente persuadido que el grado trigésimosesto, á título de máximun de estension lineal en el mundo conocido entonces, debia estar en relacion íntima con la figura de la tierra, que fué precisamente bajo este grado, entre la Iberia y las costas de Thiné, donde colocó la tierra firme de que anunció proféticamente la existencia.

Si, como hemos notado mas arriba, la estension de las tierras emergidas es mucho mayor sobre uno de los hemis-

ferios que sobre el hemisferio opuesto (y esto tiene lugar cuando se divide el globo segun el ecuador, ó segun el meridiano de Tenerife), es facil conocer que existen otros muchos contrastes entre ambos continentes, el antiguo y el nuevo, verdaderas islas rodeadas por todas partes por el océano. Sus configuraciones generales y las direcciones de sus grandes ejes son totalmente distintas. El continente oriental está dirigido en masa del oeste al este, ó mas exactamente del sudoeste al nordeste, mientras que el continente occidental sigue un meridiano; corre de sud al norte (mas exactamente del S. S. O. al N. N. O.). A pesar de estas diferencias palpables, se perciben tambien algunas analogías, sobre todo en la configuracion de las costas opuestas. Al norte, los dos continentes están cortados en la direccion de un paralelo (el de 70°). Al sud, terminan los dos en punta ó en pirámide, con prolongaciones sub-marinas, señaladas por las salientes de islas y de bancos; á esta clase pertenecen el archipiélago de la Tierra del Fuego, el banco Lagullas, al sud del cabo de Buena-Esperanza y la Tierra de Van-Diemen, separada de la Nueva-Holanda (Australia) por el estrecho de Bass. La playa setentrional del Asia escede al paralelo de que acabamos de hablar; hácia el cabo Taimoura, llega á 70° 16′ de latitud, segun Krusentern; pero desde la embocadura del gran rio de Tschoukotschja, hasta el estrecho de Behring, el promontorio oriental del Asia no escede de 63° 3′, segun Beechey. La costa setentrional del Nuevo Continente sigue con bastante exactitud el paralelo de 70; porque al sud y al norte del estrecho de Barrow, de Boothia-Felix, y de la Tierra de Victoria, todas las tierras no son mas que islas separadas.

La forma piramidal de las estremidades meridionales de todos los continentes entra en la categoría de esas *similitu-*

tiones physicæ in configuratione mundi, sobre las cuales tanto ha insistido Bacon en el *Novum Organon*, y que uno de los compañeros de Cook, Reinhol Forster, ha tomado por testo de consideraciones ingeniosas. Si se marcha hácia el este, partiendo del meridiano de Tenerife, se ven las puntas de tres continentes, la del África (estremidad de todo el antiguo mundo), las de la Australia y de la América meridional aproximarse gradualmente al polo Sud. La Nueva-Zelanda, larga de doce grados de latitud, forma un miembro intermedio entre la Australia y la América del Sud, y termina igualmente al sud por una isla (New-Leinster). Tambien es muy notable que los salientes de los continentes hácia el norte y sus prolongaciones hácia el sud estén situados casi en los mismos meridianos; así, el cabo de Buena-Esperanza y el banco Lagullas están situados en el meridiano del cabo Norte; la península de Malacca, en el del cabo Taimoura en Siberia. En cuanto á los polos mismos, se ignora si están colocados sobre la tierra firme ó en medio de un océano cubierto de hielo. Al norte, no se ha traspasado el paralelo de 80° 55', y hácia el sud, no se ha ido mas que hasta el paralelo de 78° 10'.

La forma piramidal que los grandes continentes afectan en sus estremidades se reproduce frecuentemente sobre menor escala, no solo en el Océano Indio (penínsulas Arábiga é India, península de Malacca), sino tambien en el Mediterráneo, donde ya Eratósthenes y Polybio habian comparado, bajo esta relacion, las penínsulas Ibérica, Itálica y Helénica. La Europa misma, cuya superficie es cinco veces menor que la del Asia, puede ser considerada como la península occidental de la masa casi enteramente compacta del continente asiático; esto es tan cierto que, bajo la relacion del clima, la Europa es para el Asia lo que la península de

Bretaña es al resto de la Francia. Las articulaciones numerosas, la forma ricamente accidentada de un continente ejercen una gran influencia sobre las artes y la civilizacion de los pueblos que lo ocupan: ya preconizaba Estrabon como una ventaja capital, la forma variada de nuestra pequeña Europa. El Africa y la América del Sud, que ofrecen, bajo otras relaciones, tantas analogías en su configuracion, son de todos los continentes los que en sus costas presentan mas uniformidad. Pero la costa oriental del Asia, desgarrada, digámoslo así, por las corrientes del mar (*fractas ex æquore terras*), está terminada por una línea fuertemente accidentada; sobre esta costa, las peninsulas y las islas vecinas de la playa se suceden, sin interrupcion, desde el ecuador hasta los 60 grados de latitud.

Nuestro océano Atlántico presenta todas las señales que caracterizan la formacion de un valle. Se diria que el choque de las aguas se ha dirigido primero hácia el nordeste, despues hácia el noroeste, y otra vez hácia el nordeste. El paralelismo de las costas situadas al norte de los 10 grados de latitud austral, los ángulos salientes y los ángulos entrantes de las tierras opuestas, la convexidad del Brasil vuelta hácia el golfo de Guinea, la del Africa opuesta al golfo de las Antillas, todo, en una palabra, confirma esas miras, que pueden desde luego parecer temerarias. En el valle Atlántico, y aun en casi todas las partes del mundo, las playas profundamente desgarradas y guarnecidas de numerosas islas están opuestas á las costas unidas. Ya hay tiempo que hice notar el interés que ofrece para la geognosia la comparacion de las costas occidentales del Africa y de la América del Sud, bajo los trópicos. La costa africana se encorva fuertemente en forma de golfo, en Fernando-Po, por 4 $\frac{1}{2}$ de latitud austral; lo mismo la playa

del mar del Sud, que corre de sud á norte hasta los 18 grados de latitud austral, cambia bruscamente de direccion entre el Valle de Arica y el Morro de Juan Diaz, y corre hácia el noroeste. Este cambio de direccion se estiende aun á la cadena de los Andes, dividida, en esta region, en dos ramas paralelas; no solamente afecta la rama marítima, sino tambien la Cordillera oriental, que ha sido la residencia de la mas antigua civilizacion indígena de la América, y la inflexion se halla donde el pequeño mar alpestre de Titicaca baña los piés de dos montañas colosales, la Illimania y el Sorata. Mas lejos al sud, desde Valdivia y Chiloe (por 40, ó 42° de lat. sud), hasta el archipiélago de Los Chonos, y desde allí hasta la Tierra del Fuego, se halla la configuracion particular á las costas occidentales de la Noruega y de la Escocia, es decir, un laberinto de golfos estrechos cuyas ramificaciones penetran profundamente en las tierras.

Tales son las consideraciones mas generales que el exámen de la superficie de nuestro planeta puede sugerir relativamente á la forma y á la estension actual de los continentes (en el sentido horizontal). Hemos reunido los hechos, hemos puesto en relieve algunas analogías de formas de las regiones apartadas, pero no pretendemos haber establecido las leyes de la forma general de la tierra firme. Cuando un viagero examine los levantamientos parciales que se producen muy frecuentemente al pié de ciertos volcanes activos, del Vesubio por ejemplo; cuando vea el nivel del suelo variar muchos piés antes ó despues de las erupciones, y formar un saliente semejante á un techo ó á una eminencia llana, no tardará en reconocer que hasta la variacion mas insignificante en la intensidad de las fuerzas subterráneas ó en la resistencia que el suelo les opone, para

determinar las partes levantadas á tomar esta ó aquella forma, esta ú otra direccion completamente distinta. Del mismo modo, una débil perturbacion sobrevenida en el equilibrio de las acciones interiores de nuestro planeta, habrá determinado las fuerzas sublevadoras á resistir, contra una parte de la corteza terrestre, con más energía que sobre la parte opuesta; no habrá sido menester más para que estas fuerzas hayan podido levantar, en el hemisferio occidental, un continente compacto cuyo eje está casi paralelo al ecuador; y hacer emerjer, sobre un mismo meridiano del hemisferio oriental, una banda estrecha de tierras que abandonan á las aguas más de la mitad de esta parte del globo.

Á pesar de estas analogías y de estos contrastes, no es dado á la ciencia escudriñar muy profundamente los grandes fenómenos que han debido presidir al nacimiento de los continentes. Lo que sabemos se reduce á esto: la causa activa es una fuerza subterránea; los continentes no se han formado de pronto tales como están hoy, pero su orígen remonta, como hemos visto mas arriba, á la época silúriana (separacion neptuniana), y su formacion ocupa los períodos siguientes hasta el de los terrenos terciarios; se ha efectuado poco á poco á través de una larga série de levantamientos y de hundimientos sucesivos; se ha verificado en fin por la conglutinacion de pequeños continentes al principio aislados. La figura actual es el producto de dos causas que han obrado una despues de otra. La primera es una reaccion subterránea cuya medida y la direccion permanecen arbitrarias, pues que nos seria imposible su determinacion; para nosotros salen del círculo de los hechos necesarios. La segunda causa comprende todas las potencias que obran en la superficie, y, entre estas fuerzas, las erupciones volcánicas, los temblores de tierra, los levan-

tamientos de las cadenas de montañas, y las corrientes del mar han hecho el principal papel. ¡Cuán diferentes hubieran sido la temperatura actual de la tierra, la vegetacion, la agricultura, la civilizacion misma, si los ejes del Antiguo y del Nuevo-Continente hubiesen recibido la misma direccion; si la cordillera de los Andes, en lugar de trazar un meridiano, hubiese sido levantada del este al oeste; si ninguna tierra tropical (el Africa) no hubiese radiado fuertemente el calórico al sud de la Europa; si el Mediterráneo, que comunicaba primitivamente con el mar Caspio y con el mar Rojo, y que ha favorecido poderosamente el establecimiento de las razas humanas, hubiese sido reemplazado por un suelo tan elevado como las llanuras de la Lombardía ó de la antigua Cyrene!

Los cambios que han sobrevenido en los niveles relativos de las partes sólidas y líquidas de la corteza terrestre, y que han determinado la emersion ó la inmersion de las tierras bajas y los contornos actuales de los continentes, deben atribuirse á un conjunto de causas numerosas que han obrado sucesivamente. Entre estas causas, las mas eficaces son, sin disputa, la fuerza elástica de los vapores encerrados en el interior de la tierra; las variaciones bruscas de la temperatura de ciertas capas espesas; el enfriamiento secular é irregular de la corteza y del núcleo del globo, de donde provienen las arrugas y los pliegues de la superficie sólida; las modificaciones locales de la gravitacion, y, por consecuencia, los cambios de curvatura en ciertas partes de la superficie de equilibrio del elemento líquido. Es un hecho reconocido hoy por todos los geólogos, que la emersion de los continentes es debida á un levantamiento efectivo, y no á un levantamiento aparente, ocasionado por una depresion real del nivel general de los

mares. Esta concepcion capital, que parece conformarse con el conjunto de las observaciones y con los fenómenos análogos de la vulcanicidad, ha sido enunciada, por primera vez, por Leopoldo de Buch en su memorable *Viage á Noruega y á Suecia*, durante los años de 1806 y 1807. Toda la costa sueca y finlandesa se eleva progresivamente, en razon de 1,3 metro por siglo, desde el límite de la Escania setentrional (Solvitsborg) hasta Torneo, y de Torneo á Abo, mientras que la Suecia meridional se rebaja, segun Nilson. La fuerza de sublevacion parece llegar á su máximum en la Laponia setentrional; hácia el sud, disminuye poco á poco hasta Calmar y Solvitsborg. Las líneas del antiguo nivel á que llegó el mar antes de los tiempos históricos, están indicadas en toda la Noruega, desde el cabo Lindesnaes hasta la estremidad del cabo Norte, por bancos compuestos de conchas idénticas á las del mar actual; y Bravais ha medido estas líneas con el mayor cuidado, durante su largo invernage en Bosekop. Su altura sobre el nivel medio del mar es de 195 metros, y segun Keilhau y Eugenio Robert, reaparecen en las costas del Spitzberg, frente del cabo Norte (al N. N. O.). Pero Leopoldo de Buch, que fué el primero que señaló el banco de conchas de Tromsoe (lat. 69° 40'), ha mostrado que los mas antiguos levantamientos de las tierras bañadas por el mar del Norte no tienen ninguna relacion con la emersion lenta, gradual y regular del litoral sueco, en el golfo de Bothnia. Es menester no confundir este último fenómeno, de que poseemos irrecusables testimonios históricos, con los cambios que sobrevienen en el nivel del suelo, á consecuencia de los temblores de tierra, como sobre las costas de Chile y del Cutch, y que ha decidido á los geólogos á hacer investigaciones semejantes en otros paises. Alguna vez

un hundimiento sensible, ocasionado por el plegamiento de las estratas, corresponde á un levantamiento general; esta observacion se ha hecho en el Groenland occidental (por Pingel y Graah), en Dalmacia y en Escania.

Puesto que es altamente probable que los movimientos oscilatorios del suelo, los levantamientos y los hundimientos de la superficie, durante las primeras edades de nuestro planeta, han sido mas intensos que hoy, no debemos sorprendernos de encontrar en el interior mismo de los continentes, depresiones locales y playas enteras situadas muy por bajo del nivel en todas partes igual de los mares actuales. Tales son los lagos de Anatron, descritos por el general Andreossy, los pequeños lagos amargos del istmo de Suez, el mar Caspio, el lago de Tiberiade y sobre todo el Mar Muerto. Los niveles de estos dos últimos mares están respectivamente situados á 203 y á 400 metros por bajo del del Mediterráneo. Si fuera posible levantar de una vez el terreno de aluvion que cubre las capas pedregosas, se veria en un gran número de partes llanas de la superficie del globo así descubiertas, antiguas depresiones profundas por bajo del nivel actual de los mares ofrecia la corteza terrestre. En ciertos lugares parece que todavía está el suelo sujeto á lentas oscilaciones independientes de todo temblor de tierra propiamente dicho, y muy semejantes á las que han debido producirse casi por todas partes en la costra ya solidificada, pero poco espesa de las épocas primitivas. Probablemente hay que atribuir á oscilaciones de este género los periodos irregulares de elevacion y de descenso del nivel del mar Caspio, fenómeno de que yo mismo he visto vestigios sensibles en la cavidad setentrional de este mar; del mismo modo pueden esplicarse las observaciones hechas por Darwin en el mar de Coral.

Estos fenómenos, sobre los cuales hemos querido fijar un instante la atencion, recuerdan cuán distante está el órden actual de las cosas de una perfecta estabilidad; demuestran que incesantemente se producen cambios capaces de modificar, con el tiempo, los contornos y la configuracion de los continentes. Estas variaciones, apenas sensibles de una generacion á otra, se acumulan por períodos cuya duracion rivaliza con la de los grandes períodos astronómicos. En el espacio de 6000 años se ha elevado la playa oriental de la península escandinava tal vez mas de 100 metros; si este movimiento es uniforme, en 12,000 años empezarán á emerger y se convertirán en tierra firme, partes del fondo del mar, vecinas de este litoral y cubiertas actualmente de 50 brazas de agua. Este lapso de tiempo asombra desde luego á la imaginacion; pero, en realidad, apenas es comparable á esos largos períodos geológicos que abrazan séries enteras de formaciones superpuestas y de mundos de organismos estinguidos. Hasta aquí no hemos considerado mas que los hechos de sublevacion; pero si proseguimos las mismas analogías, abordando los fenómenos que parecen indicar una depresion progresiva, al instante conocemos que este último efecto podrá producirse igualmente sobre una grande escala. Así, la altura media de la region de las llanuras, en Francia, no llega á 156 metros; bastaria, pues, el menor de estos cambios interiores cuyas edades geológicas nos ofrecen tantos vestigios palpables para operar, en muy poco tiempo, la sumersion de una parte notable del norte de la Europa occidental, ó al menos para modificar profundamente la forma actual de nuestro litoral.

El levantamiento, la depresion de la tierra firme ó de la masa de las aguas, fenómenos recíprocos, pues que el le-

vantamiento cual de uno de estos elementos da lugar al instante á que aparezca una depresion en el otro, son las causas de todas las variaciones de forma de los continentes. A una obra libre é imparcial conviene mirar así esta gran cuestion en todas sus fases, y conceder al menos una mencion á la *posibilidad* de una depresion *real* del nivel de los mares, es decir, de una disminucion de la masa de las aguas. Nadie duda hoy que en la época en que la temperatura de la superficie era mas elevada, en que las aguas se introducian por fracturas mas grandes, en que la atmósfera poseia propiedades muy distintas, se hayan producido grandes variaciones en la cantidad del elemento líquido, y por consecuencia en el nivel de los mares. Pero en el estado actual de nuestro planeta, ningun hecho anuncia una disminucion semejante; nada prueba directamente que la masa de las aguas aumente ó disminuya de una manera progresiva. Lo mismo que nada prueba que la altura media del barómetro, al nivel del mar, cambie poco á poco en una misma estacion. Las investigaciones de Daussy y de Antonio Nobile han establecido que el descenso del nivel del mar seria inmediatamente revelado por un aumento correspondiente en la altura de la columna barométrica; pero como esta altura no es idéntica bajo todas las latitudes, y depende de muchas causas meteorológicas, tales como la direccion general de los vientos y el estado higrométrico del aire, resulta que el barómetro solo no es un indicio seguro de las variaciones del nivel del mar. Si al principio de este siglo, ciertos puertos del Mediterráneo han sido abandonados por las aguas y quedado en seco durante muchas horas, no es esto decir que la masa de las aguas del mar haya realmente disminuido, ó que el nivel general del océano haya experimentado una depresion; estos hechos prue-

igualmente que ciertas corrientes de la mar pueden, cambiando de fuerza y de direccion, ocasionar una retirada local de las aguas, y aun la inmersion permanente de una pequeña porcion del litoral. Los datos que tenemos hasta hoy sobre esta cuestion delicada no podrian ser interpretados de [illegible] atribuir á uno de los antiguos elementos, al agua, lo que pertenece en realidad á otros dos elementos, es decir, al aire y á la tierra.

Así como la forma esteriormente articulada de los continentes, y los cortes de sus costas ejercen una influencia saludable sobre los climas, sobre el comercio y hasta sobre los progresos generales de la civilizacion, así mismo, la configuracion del suelo en el sentido de la altura, es decir, la articulacion interior de las grandes masas continentales, puede hacer un papel no menos importante en el dominio del hombre. Todo lo que da nacimiento á una variedad cualquiera de forma (polymorphie) en un punto de la superficie terrestre, ora sea una cadena de montañas, ora una llanura, ora un gran lago, ó una estepa cubierta de verdura, y aun cuando fuera un desierto orillado por una costa, ó por una linde de bosques, en una palabra, todo accidente del suelo imprime un sello particular al estado social del pueblo que habita. ¿Está el suelo encajonado entre altas cimas cubiertas de nieve? las comunicaciones están obstruidas, el comercio no puede establecerse. ¿Está formado de llanuras bajas, interpoladas de *cadenas interrumpidas* y poco elevadas, como en el oeste y en el sud de la Europa, donde este género de articulacion se desarrolla tan felizmente? entonces las influencias meteorológicas se multiplican, y con ellas las producciones del reino de vegetales, tanto mas cuanto que cada comarca exige [illegible]

do entonces un cultivo diferente, aun bajo la misma latitud, esta configuracion especial da orígen á necesidades que estimulan la actividad de las poblaciones.

Así pues, levantando las cadenas de montañas á través de las capas violentamente enderezadas, las reacciones interiores han labrado la superficie del globo, han preparado el dominio en que las fuerzas de la vida orgánica debian emplearse, despues de restablecida la calma, para desarrollar la profusion de las formas individuales. Estas revoluciones formidables han hecho desaparecer en gran parte, sobre uno y otro hemisferio, la uniformidad salvage que sin ellas hubiera empobrecido la energía física é intelectual de la especie humana.

Las grandes miras de Elie de Beaumont permiten asignar una edad relativa á cada sistema de montañas, partiendo del principio de que la época del levantamiento de una cadena está necesariamente comprendida entre la época de la formacion de las capas enderezadas, y la del depósito de las estratas que se estienden horizontalmente hasta el pié de la montaña. Los plegados de la corteza terrestre (enderezamiento de las capas), cuando datan de una misma época geológica, parece que afectan una direccion comun. La línea de la cumbre de las capas enderezadas no es siempre paralela al eje de la cadena de montañas; alguna vez corta tambien este eje, y resulta, en mi opinion, que el fenómeno del enderezamiento de las capas, cuya traza puede seguirse hasta muy lejos en las llanuras vecinas, es entonces mas antiguo que el levantamiento de la cadena. La direccion principal del continente europeo (del S. O. al N. E.) está opuesta á la de los grandes padrastros (del N. O. al S. E.); estas parten de las bocas del Elba y del Rhin, atraviesan el mar Adriático, el Mar Rojo, el sistema de

montañas del Loudhti-Koh, en el Louristan, y desembocan en el golfo Pérsico y en el Océano Indio. Este sistema de grandes líneas geodésicas casi rectangulares ha favorecido singularmente las relaciones comerciales de la Europa con el Asia y el norte del Africa occidental, así como la marcha de la civilizacion en las costas, mas felices en otro tiempo del Mediterráneo.

Cuanta mas admiracion causa la altura y la masa de las cadenas de las montañas, mas atrae al espíritu reconocer los testigos de las revoluciones del globo, los límites de los climas, el punto divisorio de las aguas, y la residencia de una vegetacion particular, y mas necesario es demostrar por una exácta valuacion numérica de su volúmen, cuan débil es este volúmen en realidad cuando se compara al de los continentes, ó aun á la estension de las comarcas vecinas. Supongamos, por ejemplo, que la masa entera de los Pirineos, de que se ha medido con una grande exactitud la altura media y la base, esté uniformemente repartida sobre la superficie de la Francia: calculado todo, se halla que no levantaria el suelo 3 metros. Del mismo modo, si los materiales que forman la cadena de los Alpes se diseminaran sobre la superficie de la Europa, aumentarian su altura 6 metros y medio. Por un trabajo, largo y penoso, que por su naturaleza, no podia conducir mas que á un límite superior, es decir, á un número demasiado débil tal vez, pero no á un número muy fuerte, he hallado que el *centro de gravedad* de la tierra firme está situado, para la Europa y para la América del norte, á 205 y á 228 metros sobre el nivel actual de los mares; á 355 y á 351 metros para el Asia y la América del sud. Asi las regiones setentrionales están relativamente bajas. En Asia, la débil altura de las estepas de la Siberia se halla compensada por la enorme hinchazon del

suelo comprendido entre los paralelos de 28½ y de 40°, entre el Himalaya, el Kouen-lun del Thibet setentrional y las Montañas Celestes. Hasta cierto punto, se puede leer en los números que he hallado, en qué lugares de la superficie han obrado las fuerzas plutónicas con mas energía, para levantar las grandes masas de los continentes.

Nada nos garantiza de que estas potencias plutónicas no añadan, en el curso de los siglos venideros, nuevos sistemas de montañas á los que ellas han producido ya, y de que Elie de Beaumont ha determinado tambien las edades relativas. ¿Qué causa, en efecto, hubiera podido hacer perder á la corteza terrestre la facultad de *arrugarse* bajo la influencia de las acciones subterráneas? Cuando se ve en los Alpes y en los Andes, que cuentan entre los sistemas mas recientes, colosos como el Mont-Blanc y el Mont-Rose, como el Sorata, el Illimani y el Chimborazo, ¿es permitido admitir que las potencias subterráneas que levantaron estos colosos siguiesen un periodo decreciente y que este fuese su último esfuerzo? Todos los fenómenos geognósticos revelan alternativas periódicas de actividad y de reposo. El reposo de que gozamos no es mas que aparente. Los temblores de tierra que conmueven indiferentemente toda clase de terrenos, bajo todas las zonas, la Suecia que monta sin cesar, la aparicion súbita de nuevas islas de erupcion, no nos prueban que el interior de nuestro planeta haya llegado al reposo definitivo.

La envuelta líquida y la envuelta gaseosa de que nuestro planeta está rodeado, presentan á la vez contrastes y analogías. Los contrastes nacen de la diferencia que existe entre los gases y los líquidos, con relacion á la elasticidad y al modo de agregacion de sus moléculas. Las analogías provienen de la movilidad comun á todas las partes de los flui-

dos y de los líquidos, y por consecuencia necesaria, se manifiestan muy particularmente en las corrientes y en la propagacion del calor. La profundidad del mar y la del Océano aéreo nos son ambas desconocidas. En los mares tropicales, se han medido con la sonda hasta 8220 metros (como unas dos leguas de posta) sin que se haya tocado al fondo; y si, segun el sentir de Wollaston, la atmósfera terminase en un límite fijo, semejante á la superficie undulosa del mar, la teoría de los fenómenos crepusculares indicaria una profundidad nueve veces por lo menos mas pronunciada con respecto al Océano aéreo. Este último tiene su asiento, en parte, sobre la tierra firme cuyas montañas y sus mesetas coronadas de bosques se elevan como otros tantos bajos; en parte, sobre el mar que soporta las capas aéreas mas inferiores y mas cargadas de humedad.

En estos dos océanos, y á partir de su límite comun, la temperatura decrece siguiendo leyes determinadas, sea elevándose á las capas aéreas, sea descendiendo á las capas acuosas; pero el decrecimiento del calor es mucho mas lento en la atmósfera que en el mar. Como toda molécula de agua que se enfria se hace mas densa y desciende al instante, resulta que por todas partes la temperatura del mar, en la superficie, tiende á ponerse en equilibrio con las vecinas capas de aire. Una larga série de observaciones thermométricas muy exactas nos ha mostrado que, desde el Ecuador hasta los paralelos de los 48° grados de latitud boreal y austral, la temperatura *media* de la superficie de los mares es un poco superior á la de la atmósfera. Pero la temperatura descreciente á partir de la superficie, á medida que la profundidad aumenta, los pescados y los otros habitantes del mar que prefieren las aguas profundas (tal vez á causa de su respiracion branquial y cutánea) pueden hallar hasta bajo los tró-

picos, las bajas temperaturas y los fenómenos propios de las zonas templadas y aun de las regiones frias. Esta circunstancia influye poderosamente sobre las emigraciones y sobre la distribucion geográfica de un gran número de animales marinos. Agreguemos que la profundidad en que habitan los pescados, modifica su respiracion cutánea en razon del acrecentamiento de presion y determina la relacion de los gases oxigeno y azoe de que está llena su vegiga natatoria.

Como el agua dulce y el agua salada no llegan á su máximum de densidad en la misma temperatura, y como lo salobre de los mares rebaja el grado thermométrico correspondiente á este máximum, se comprenderá que el agua sacada del mar á grandes profundidades durante los viages de Kotzebue y de Dupetit-Thouars no haya revelado al thermómetro mas que 2°,8 y 2°,5. Esta temperatura casi glacial reina tambien en los abismos de los mares de los trópicos, ella ha hecho conocer las corrientes inferiores que se dirigen de los dos polos al Ecuador. Y, en efecto, si esta doble corriente submarina no existiera, el calor de las capas profundas no descenderia jamás por bajo del minimum de la temperatura de las capas aéreas que descansan inmediatamente sobre el mar. El Mediterráneo no presenta ciertamente, una disminucion considerable de calor en sus capas de fondo, pero Arago ha desvanecido toda dificultad sobre la materia demostrando que en el estrecho de Gibraltar, donde las aguas del Océano Atlántico penetran produciendo una corriente superficial dirigida del oeste al este, una contra corriente inferior desvia las aguas del Mediterráneo al Grande Océano, y se opone á la introduccion de la corriente polar inferior.

En la zona tórrida y especialmente entre los paralelos del décimo grado al norte y al sud del ecuador, la envuelta li-

quida de nuestro planeta posee, lejos de las costas y de las corrientes, una temperatura que permanece singularmente uniforme y constante sobre millares de miriámetros cuadrados. Se ha deducido, con razon, que la manera mas sencilla de atacar el gran problema tan frecuentemente agitado, de la invariabilidad de los climas, y del calor terrestre, seria someter la temperatura de los mares tropicales á una série de observaciones que se prolongara mucho tiempo. Si sobrevenia sobre el disco del sol, alguna gran revolucion cuya duracion fuese considerable, esta revolucion se reflejaria en las variaciones del calor medio del mar, aun mas seguramente que en la de las temperaturas medias de la tierra firme.

La zona en que las aguas del mar llegan al máximum de densidad (de salobre), no coincide con la del maximun de temperatura, ni con el ecuador geográfico. Las aguas mas calientes parece que forman, al norte y al sud de esta línea, dos bandas no paralelas. Lenz halló en su viage al rededor del mundo, que las aguas mas densas estaban, en mar calma, por 22° de latitud norte y por 18° de latitud sud; la zona de las aguas menos saladas se hallaba á algunos grados al sud del ecuador. En la region de las calmas, el calor solar no produce mas que una débil evaporacion, porque las capas de aire saturado de humedad, que descansan sobre la superficie del mar, son pocas veces renovadas por los vientos.

En general, todos los mares que comunican entre sí, deben ser considerados, con relacion á su altura media, como si estuvieran perfectamente nivelados. Sin embargo, causas locales (probablemente vientos reinantes y corrientes) producen, en ciertos golfos profundos, diferencias de nivel permanentes, pero siempre poco notables. Por ejemplo, en el istmo de Suez, la altura del Mar Rojo sobrepuja á la del

Mediterráneo de 8 á 10 metros, segun las diversas horas del dia. Esta diferencia notable era ya conocida en la antigüedad; parece que depende de la forma particular del estrecho de Bab-el-Mandeb, por el cual las aguas del Océano Indio penetran en la cavidad del Mar Rojo con mas facilidad de la que tienen para salir. Las escelentes operaciones geodésicas de Corabœuf y de Delcros manifiestan que, de un estremo á otro de la cadena de los Pirineos, como de Marsella á la Holanda setentrional, no existe ninguna diferencia apreciable entre el nivel del Mediterráneo y el del Océano.

Las perturbaciones del equilibrio de las aguas y los movimientos que de ellas resultan son de tres especies. Las perturbaciones del equilibrio de las aguas y los movimientos que resultan son de tres especies. Las unas son irregulares y accidentales como los vientos de que nacen; producen olas cuya elevacion en alta mar y durante la tempestad, puede llegar á 11 metros. Las otras son regulares y periódicas; dependen de la posicion y de la atraccion del sol y de la luna (flujo y reflujo). Las corrientes pelágicas constituyen un tercer género de perturbaciones permanentes y variables solo en cuanto á la intensidad. El flujo y el reflujo afectan á todos los mares, salvo los pequeños mediterráneos en los cuales la onda producida por el flujo es muy débil ó aun insensible. Este gran fenómeno se esplica completamente en el sistema newtoniano: «y lo vemos figurar de nuevo en el círculo de los hechos necesarios.» Cada una de estas oscilaciones periódicas de las aguas del Océano dura un poco mas de medio dia; su elevacion en alta mar es apenas de algunos pies, pero por consecuencia de la configuracion de las costas que se oponen al movimiento progresivo de la onda, esta elevacion puede llegar á 16 metros en Saint-Malo, á 21 y aun á 23

metros en las costas de la Acadia. «Desatendiendo la profundidad del Océano, como insensible con relacion al diámetro de la tierra, el análisis del ilustre Laplace ha demostrado que la *estabilidad* del equilibrio de los mares exige, para la masa líquida, una densidad inferior á la densidad media de la tierra. En efecto, esta última densidad es, como ya hemos visto, cinco veces mas grande que la del agua. Las tierras altas jamás pueden ser inundadas por el mar, y los restos de animales marinos que se encuentran en las cimas de las montañas, no han sido trasportados allí por *mareas* en otros tiempos mas elevadas que las *mareas* actuales.» Uno de los mas hermosos triunfos de este análisis que ciertos espíritus mal intencionados afectan despreciar, es haber sometido el fenómeno de las mareas á la prevision humana; gracias á la theoría completa de Laplace, se anuncia hoy en las efemérides astronómicas, la altura de las mareas que deben acontecer en cada syzygia, y se advierte así á los habitantes de las costas los peligros que pueden correr en estas épocas.

Las *corrientes oceánicas*, cuya influencia sobre las relaciones de los pueblos y sobre el clima de las comarcas vecinas á las costas, no puede desconocerse, dependen del concurso casi simultáneo de un gran número de causas mas ó menos importantes. Entre ellas se pueden contar la propagacion sucesiva de la marea en su movimiento al rededor del globo; la duracion y la fuerza de los vientos reinantes; las variaciones que el peso específico de las aguas del mar esperimenta segun la latitud, la profundidad, la temperatura y el grado salobre; en fin las variaciones *horarias* de la presion atmosférica; estas variaciones, tan regulares bajo los trópicos, se propagan sucesivamente del este al oeste. Las corrientes presentan en medio de los mares un singular es-

pectáculo: su anchura está determinada; atraviesan el océano como rios cuyas orillas se hubiesen formado por las aguas aposadas. Su movimiento contrasta con la inmovilidad de las aguas vecinas, sobre todo cuando largas capas de ova, arrastradas por la corriente, permiten apreciar la velocidad. Durante las tempestades, se notan alguna vez, en la atmósfera, corrientes análogas aisladas en medio de las capas inferiores; si una selva se halla al paso de esta corriente, no son derribados los árboles mas que en la estrecha zona que ha recorrido.

La marcha progresiva de las mareas y los vientos alisios ocasionan, entre los trópicos, el movimiento general que arrastra las aguas de los mares de oriente á occidente; se llama corriente *ecuatorial* ó corriente de rotacion. Su direccion varía por efecto de la resistencia que le oponen las costas orientales de los continentes. Comparando las travesias efectuadas por botellas que viageros habian arrojado con intento al mar, y fueron recogidas despues, ha determinado recientemente Daussy, la velocidad de esta corriente; su resultado está conforme, en 1/18 próximamente, con el que yo habia deducido de esperiencias mas antiguas (diez millas marinas francesas de 1856 metros, por 24 horas). Cristóbal Colon habia reconocido la existencia de esta corriente durante su tercer viage, que fué la primera vez que intentó llegar á las regiones tropicales por el meridiano de las Canarias. En efecto, se lee en su libro de la corredera: Tengo por cierto que las aguas del mar se mueven, como el cielo, del este al oeste (*las aguas van con los cielos*,) es decir segun el movimiento diurno aparente del Sol, de la Luna y de todos los astros.

Las corrientes, verdaderos rios que surcan los mares, son de dos especies: las unas llevan las aguas calientes há-

cia las altas latitudes, las otras traen las aguas frias hácia el ecuador. La famosa corriente del Océano Atlántico, el Gulf-Stream, ya reconocido en el siglo XVI por Anghiera y sobre todo por sir Humfrey Gilbert, pertenece á la primera clase. Al sud del Cabo de Buena-Esperanza es donde hay que buscar el orígen y los primeros rastros de esta corriente; de allí penetra en el mar de las Antillas, recorre el golfo de Méjico, desemboca por el estrecho de Bahama, y dirigiéndose despues del S. S. O. al N. N. E., se aleja mas y mas del litoral de los Estados-Unidos, se dirije hácia el este al banco de Terranova y van á azotar las costas de la Irlanda; de las Hebridas y de la Noruega, donde lleva granos tropicales (Mimosa scandens, Guilandina bondesc, Dolichos urens). Su prolongacion del N. E. calienta las aguas del mar y ejerce su benéfica influencia hasta en el clima del promontorio setentrional de la Escandinavia. Al este del banco de Terranova, El Gulf-Stream se bifurca y envia, no lejos de las Azores, una segunda rama hácia el sud. Allí es donde se halla el *mar de las Sargassas*, inmenso banco formado de plantas marinas (*fuctus natans*, una de las mas esparcidas entre las plantas sociales del Océano), que tanto llamó la atencion á Cristóbal Colon, y que Oviedo denomina *praderías de yerba*. Un número inmenso de pequeños animales marinos habitan estas masas siempre verdosas, trasportadas acá y allá por las brisas templadas que soplan en estos parages.

Se ve que esta corriente pertenece, casi toda entera, á la parte setentrional del lecho del Atlántico; costea tres continentes: el Africa, la América y la Europa. Una segunda corriente de que he reconocido la baja temperatura, en el otoño de 1802, reina en el mar del Sud, é influye de una manera sensible sobre el clima del litoral. Lleva las aguas frias de las altas latitudes australes hácia las costas de Chile;

sigue estas costas y las del Perú dirigiéndose primero del sud al norte, y despues, partiendo de la balisa de Arica, marcha del S. S. E. al N. N. O. Entre los trópicos, la temperatura de esta corriente fria no es mas que de 15°,6 en ciertas estaciones del año, mientras que la de las aguas vecinas reposadas monta á 27°,5 y aun á 28°,7. En fin, en el sud de Payta, hácia esta parte del litoral de la América meridional que hace punta al oeste, se encorva la corriente, así como la costa misma, y se aparta yendo del este al oeste; de suerte que dirigiéndose al norte, salé el navegante de la corriente y pasa de pronto del agua fria al agua caliente.

Se ignora á qué profundidad se detiene el movimiento de las masas de aguas calientes ó frias que son arrastradas así por las corrientes oceánicas; lo que conducirá á creer que este movimiento se propaga hasta las capas mas bajas, es que la corriente de la costa meridional del Africa se refleja sobre el banco de Lagullas, cuya profundidad es de setenta á ochenta brazas. Gracias á un descubrimiento del venerable Franklin, el thermómetro se ha convertido hoy en una verdadera sonda. Y en efecto casi siempre es posible reconocer la presencia de un bajo ó de un banco de arena situado fuera de las corrientes, por la declinacion de la temperatura del agua que lo cubre. Este fenómeno que se puede aprovechar para hacer la navegacion mas segura, me parece provenir de que las aguas profundas, arrastradas por el movimiento general de los mares, remontan á las pendientes que rodean los bajos y van á mezclarse á las capas de agua superiores. Mi inmortal amigo, sir Humphry Davy, ha propuesto otra esplicacion: las moléculas de agua enfriadas durante la noche, por medio de la radiacion, descienden al fondo del mar, pero en la parte superior de un bajo, permaneciendo estas moléculas mas in-

mediatas á la superficie mantienen por esta razon la temperatura á un grado menos elevado que en cualquier otro punto de su situacion. Fórmanse frecuentes nieblas por encima de los bajos, porque el agua fria que los cubre determina una precipitacion local de los vapores contenidos en la atmósfera. He visto muchas veces estas nieblas al sud de la Jamáica y en el mar del sud; sus contornos eran claros y vistos de lejos, reproducian exáctamente la forma de los bajos. Eran verdaderas imágenes aéreas en que se reflejaban los accidentes del suelo submarino. El agua fria que cubre ordinariamente los bajos produce un efecto aun mas singular en las altas regiones de la atmósfera; obra poco mas ó menos como las islas aplanadas de coral ó de arena: se ve frecuentemente en alta mar, lejos de las costas y por un cielo sereno, fijarse nubes por encima de los puntos donde estan situados los bajos y entonces se puede marcar con la brújula, la direccion de estos puntos, del mismo modo que si se tratase de una cadena de montañas ó de un pico aislado.

Bajo una superficie menos variada que la de los continentes, el mar contiene en su seno una exuberancia de vida de que ninguna otra region del globo podria dar idea. Cárlos Darwin nota con razon, en su interesante diario de viage, que nuestros bosques terrestres no abrigan, ni con mucho, tantos animales como los del Océano. Porque el mar tiene tambien sus bosques: son estos compuestos de largas yerbas marinas que cruzaban sobre los bajos ó los bancos flotantes de ova que las corrientes han desprendido, y cuyas ramas sueltas son levantadas, hasta la superficie, por sus celdillas infladas de aire. El asombro que produce la profusion de las formas orgánicas en el Océano, se aumenta con el uso del microscopio; entonces se conoce con admiracion que allí todo lo han invadido el movimiento y la vida. A profundi-

dades que exceden á la altura de las mas poderosas cadenas de montañas, cada capa de agua está animada por gusanos polygástricos, cyclidios y ophrydinos. Allí pueblan los animalillos fosforescentes, los mammarias del órden de los acalephos, los crustáceos, los peridimium, los nereidas, que tienen movimiento de rotacion, cuyos innumerables enjambres son atraidos á la superficie por ciertas circunstancias meteorológicas, y trasforman entonces cada ola en una espuma luminosa. La abundancia de estos pequeños séres vivientes, la cantidad de materia animalizada que resulta de su rápida descomposicion es tal, que el agua del mar se hace un verdadero líquido nutritivo para animales mucho mas grandes.

Ciertamente no ofrece el mar ningun fenómeno mas digno de ocupar el pensamiento que esta profusion de formas animadas, que esta infinidad de séres microscópicos cuya organizacion, por ser de un órden inferior, no es ménos delicada y variada; pero da orígen á otras emociones mas graves, me atreveré á decir mas solemnes, por la inmensidad del cuadro que desarrolla á la vista del navegante. El que se complace en crearse un mundo aparte en que pueda ejercitarse libremente la actividad espontánea de su alma, se siente poseido de la idea sublime de lo infinito, al aspecto de la alta mar libre de toda costa. Su mirada busca con preferencia el horizonte lejano; allí, el cielo y el agua parecen unirse en un circuito vaporoso donde los astros montan y desaparecen sucesivamente. Pero pronto despierta en nosotros, esta eterna vicisitud de la naturaleza, el vago sentimiento de tristeza que está en el fondo de todas las alegrías humanas.

Una predileccion particular por el mar, un recuerdo grato de las impresiones que el elemento líquido, tranquilo,

en el seno de la calma de la noche, ó en lucha contra las fuerzas de la naturaleza, ha producido en mí, en las regiones de los trópicos; solo han podido determinarme á señalar los goces individuales de la contemplacion, antes de las consideraciones generales que aun me quedan por enumerar. El contacto del mar ejerce indisputablemente una influencia saludable sobre la moral y sobre los progresos intelectuales de un gran número de pueblos; multiplica y estrecha los lazos que deben unir un dia todas las partes de la humanidad en un solo haz. Si es posible llegar á un conocimiento completo de la superficie de nuestro planeta, lo deberemos al mar, como le debemos ya los mas bellos progresos de la astronomía y de las ciencias físicas y matemáticas. En un principio, se ejercia una parte de esta influencia solamente sobre el litoral del Mediterráneo y sobre las costas occidentales del sud del Asia; pero se ha generalizado desde el siglo XVI; se ha estendido aun á pueblos que viven lejos del mar, en el interior de los continentes. Despues de la época en que Cristóbal Colon fué enviado para libertar al océano de sus cadenas (una voz desconocida le hablaba así en una vision que tuvo, durante su enfermedad, á orillas del rio de Belem), ha podido el hombre lanzarse á las regiones desconocidas, con un espíritu desembarazado ya de toda traba.

La segunda envuelta de nuestro planeta, la envuelta esterior, universal, es el océano aéreo de que habitamos los bajos (llanuras y montañas); ella nos presenta seis clases de fenómenos, todos estrechamente enlazados por una dependencia mútua. Estos fenómenos derivan de la constitucion química del aire, de las variaciones que sobrevienen en su diafanidad, en su coloracion, en la manera con que polariza la luz; nacen de los cambios de densidad ó de pre-

sion, de temperatura, de húmedad y de tension eléctrica. El aire contiene el primer elemento de la vida animal, el oxígeno. El aire posee otro atributo no menos noble: es el vehículo del sonido, y por consecuencia es, para los pueblos, el vehículo del lenguage, de las ideas, de las relaciones sociales. Si el globo terrestre estuviera desprovisto de atmósfera, como nuestra Luna, no seria mas que un desierto donde reinaria el silencio.

Desde el principio del siglo XIX, la proporcion de los elementos que forman las capas de aire accesibles ha sido objeto de investigaciones en que hemos tomado una parte activa, Gay-Lussac y yo. El análisis químico de la atmósfera ha llegado, en estos últimos tiempos, á un alto grado de perfeccion, gracias á los escelentes trabajos que Dumas y Boussingault han ejecutado por nuevos métodos mas exactos. Segun estos análisis, el aire seco contiene, en volúmen, 20,8 de oxígeno y 79,2 de ázoe; encierra además de 2 á 5 diez-milésimos de ácido carbónico, una cantidad aun mas débil de gas hidrógeno, y segun las importantes investigaciones de Saussure y de Liebig, algunos restos de vapores amoniacales que suministran á las plantas el ázoe que contienen. Algunas observaciones de Lewy nos inclinan á creer que la proporcion de oxígeno varía un poco, segun las estaciones, ó segun el aire está recogido en el interior de los continentes y por encima del mar, y en efecto si la inmensa cantidad de organizaciones animales que el mar alimenta puede hacer variar la proporcion de oxígeno de que el agua está cargada, se comprende que debe resultar una variacion correspondiente en las capas de aire vecinas á la superficie. El aire recogido por Martins sobre el Faulhorn, á 2762 metros de altura, no era menos rico en oxígeno que el aire de Paris.

La introduccion del carbonato de amoniaco en la atmósfera es probablemente anterior á la aparicion de la vida orgánica sobre la superficie del globo. Los manantiales de donde el ácido carbónico se derrama en la atmósfera son muy multiplicados. Señalemos primero la respiracion de los animales: estos estraen el carbono de las sustancias vegetales de que se alimentan, mientras que los vegetales lo sacan de la atmósfera. El interior de la tierra, en las comarcas donde se hallan volcanes estinguidos y nacimientos termales, es un manantial abundante de ácido carbónico. Tambien se produce á espensas del hidrógeno carbonado, que existe en la atmósfera, y cuya descomposicion se opera por las descargas eléctricas de las nubes, tan frecuentes bajo los trópicos. Otras sustancias, miasmas y emanaciones pestilenciales, vienen á mezclarse accidentalmente, sobre todo cerca del suelo, á los elementos que acabamos de indicar como formando la composicion normal del aire, á todas las alturas accesibles. Estos gases han escapado hasta el presente del análisis químico; pero el hecho mismo de su existencia en ciertas regiones de la atmósfera, no es dudoso: los datos mas justificados de la patologia y los fenómenos que acompañan á la incesante descomposicion de las materias vegetales ó animales, sobre toda la superficie del globo, lo establecen superabundantemente. Sin hablar de las comarcas pantanosas y de las orillas del mar cubiertas de moluscos corrompidos ó de espesuras de *rhizophora mangle* y de avicenias, existen una porcion de circunstancias en las cuales ciertos vapores amoniacales y nitrosos, el hidrógeno sulfurado y aun compuestos análogos á las combinaciones de bases múltiples (ternarias y cuaternarias) del reino vegetal, pueden mezclarse al aire, y engendrar tercianas ó el typhus. Ciertas nieblas, esparciendo un olor particular,

nos ofrecen un ejemplo de las mezclas que pueden operarse accidentalmente en las regiones inferiores de la atmósfera. Mas diremos, sustancias sólidas, reducidas á polvo fino, son alguna vez llevadas á grandes alturas, por los vientos y las corrientes nacidas del calentamiento del suelo. Tal es el polvo que cae hácia las islas del cabo Verde, oscureciendo la atmósfera á grandes distancias; Darwin llama la atencion de los hombres científicos sobre este fenómeno, y Ehrenberg descubrió que este polvo contiene innumerables infusorios con carapachos silíceos.

Enumeremos ahora los fenómenos principales que caracterizan la atmósfera; tendremos que distinguir:

1.° *Las variaciones de la presion atmosférica*; comprenden las oscilaciones horarias del barómetro, especie de marea atmosférica, que no puede atribuirse á la atraccion lunar y varía considerablemente con la latitud geográfica, con las estaciones y con la altura del lugar de observacion.

2.° *La distribucion de los climas y del calor*; depende de la posicion relativa de las masas diáfanas y de las masas opacas y de la configuracion hypsométrica de los continentes. Estas relaciones determinan la posicion geográfica y la curvatura de las líneas isothermas, en el sentido horizontal y en el sentido vertical, es decir, sobre una misma superficie de nivel y en la série de las capas superpuestas.

3.° *La distribucion de la humedad*; depende de la proporcion que existe entre la superficie de las tierras y la del océano, de la distancia al ecuador y de la altura sobre el mar; hay que distinguir entre las diversas formas de que se reviste el vapor de agua al precipitarse, porque estas formas varian con la temperatura, la direccion y el órden de sucesion de los vientos.

4.° *El estado eléctrico de la atmósfera*; cuyo origen

aun se disputa, cuando se trata de la electricidad desarrollada por un cielo sereno. Bajo este título tenemos que examinar cuales son las relaciones que ligan la ascension de los vapores á la tension eléctrica y á la forma de las nubes; cual el influjo que corresponde á las horas del dia, á las estaciones, á los climas, á la configuracion de las comarcas formadas de llanos bajos ó de mesetas elevadas; hay que investigar las causas de la frecuencia ó de la escasez de las tormentas, de su periodicidad y de su formacion en estío ó en invierno; es menester señalar en fin las relaciones de la electricidad con el granizo de noche, fenómeno estremadamente raro, y con las mangas (torbellinos de agua ó de arena) sobre las cuales ha hecho Peltier ingeniosas observaciones.

Las variaciones horarias del barómetro, bajo los trópicos, presentan dos *máxima*, á las nueve ó nueve y cuarto de la mañana, y á las diez y media ó diez y tres cuartos de la noche. Las dos *mínima* tienen lugar hácia las cuatro ó cuatro y cuarto de la tarde y á las cuatro de la mañana, esto es, casi á la hora mas caliente y á la hora mas fria del dia. El estudio de estas variaciones ha sido largo tiempo para mí un objeto de observaciones asíduas de dia y de noche. Su regularidad es tan grande, que se puede á la simple inspeccion del barómetro, determinar la hora, especialmente durante el dia, sin temer incurrir, por término medio, en un error de mas de 15 á 17 minutos; es tan permanente, que ni la tempestad, ni la tormenta, ni la lluvia, ni los temblores de tierra pueden turbarla; persiste en las regiones cálidas del litoral del Nuevo-Mundo, como en las mesetas elevadas mas de 4000 metros, en que la temperatura media desciende á 7°. La amplitud de las oscilaciones diurnas descrece de 2,98 á 0,41 milímetros, desde el ecua-

dor hasta el 70 paralelo de latitud norte, bajo el cual hizo Bravais una série de observaciones muy precisas. Se ha creido que, en las estaciones mas cercanas al polo, la altura media del barómetro era mas débil á las diez de la mañana que hácia las cuatro de la tarde, de modo que habria en estos climas un verdadero trastrocamiento de las horas del máximun y del mínimun; pero las observaciones de Parry, en el puerto de Bowen (73° 14′), de ningun modo justifican estas ideas.

A causa de las corrientes ascendentes de la atmósfera, la altura media del barómetro, bajo el ecuador y generalmente bajo los trópicos, es un poco menor que en las zonas templadas; parece llegar á su máximun en la Europa occidental entre los paralelos de 40° y de 45°. Kæmtz ha propuesto, para el estudio de la distribucion de estos fenómenos en la superficie del globo, un modo de representacion gráfica que consiste en unir, por curvas, los lugares donde las diferencias medias entre las estremas alturas *mensuales* del barómetro son iguales; estas son las líneas *isobarométricas*, cuya posicion geográfica y las curvaturas conducen á resultados importantes para el estudio de la influencia que la configuracion de las tierras y la estension de los mares ejercen sobre las oscilaciones de la atmósfera. El Indostan con sus altas cadenas de montañas y su península triangular, y las costas orientales del Nuevo-Continente hácia el punto en que las aguas calientes del Gulf-Stream se dirigen al este (Terra-Nova), presentan oscilaciones isobarométricas mas considerables que las Antillas y que la Europa occidental. Los vientos reinantes son la causa principal que determina la disminucion de la presion atmosférica, y, segun Daussy, donde quiera que esta presion disminuye, la altura media del mar aumenta en la misma relacion.

Las variaciones que se reproducen regularmente, por períodos horarios ó anuales, en la presion atmosférica, los cambios bruscos y muchas veces peligrosos que sobrevienen accidentalmente en esta presion, y, en general, todos los fenómenos cuyo conjunto constituye el estado del cielo, deben atribuirse, en gran parte, á la potencia calorífica de los rayos del sol. Resulta de esto que la direccion de los vientos, la altura del barómetro, los cambios de temperatura, el estado higrométrico del aire son fenómenos conexos. Los resultados de una larga série de observaciones comenzadas, hace mucho tiempo, sobre la proposicion de Lambert, han sido reducidos á tablas que indican la presion atmosférica correspondiente á cada área de viento; estas tablas, conocidas con el nombre de *rosas barométricas de los vientos*, han permitido examinar mas profundamente el enlace de los fenómenos meteorológicos. Con un admirable tacto de observacion reconoció Dove, en la ley de rotacion de los vientos que él mismo ha establecido para los dos hemisferios, la causa de muchos grandes fenómenos de que es teatro el océano aéreo. La diferencia de temperatura, entre las regiones equinocciales y las regiones polares, engendra dos corrientes opuestas, una en las altas regiones de la atmósfera, y otra en la superficie del globo. Como los puntos situados hácia el ecuador y los puntos situados hácia los polos están animados de velocidades de rotacion muy diferentes, resulta que la corriente que viene del polo es desviada hácia el este, mientras que la corriente equinoccial se desvia hácia el oeste. De la lucha de estas dos corrientes, del lugar en que la corriente superior vuelve á caer y llega á la superficie, de su penetracion recíproca, es de lo que dependen las mas importantes variaciones de la presion atmosférica, los cambios de temperatura en las

capas de aire, la precipitacion de los vapores acuosos condensados, y aun, como Dove ha manifestado, la formacion y las figuras variadas que toman los nublados. La forma de las nubes, que da á los paisages tanto movimiento y encanto, nos anuncia lo que pasa en las altas regiones de la atmósfera; cuando el aire está en calma, diseñan los nublados, sobre el cielo de un caluroso dia de estío, «la imágen proyectada» del suelo cuyo calórico radia abundantemente hácia el espacio.

Cuando la radiacion opera sobre grandes superficies *continentales* y *oceánicas* cuya posicion relativa satisface ciertas condiciones, como entre la costa oriental del Africa y la costa occidental de la península india, se hacen manifiestos sus efectos: produce los monzones de los mares de la India, el Hippalos de los navegantes griegos, cuya direccion periódicamente variable con la declinacion del Sol, ha sido fácilmente reconocida y aprovechada de toda la antigüedad. Estos fueron allí los principios de la meteorología: el conocimiento de los monzones, esparcido en el Indostan, en China, en el oriente del golfo Arábigo, al oeste del mar Malasio, la nocion aun mas antigua y mas general de las brisas de tierra y de mar, estos fueron los primeros, los débiles rudimentos de una ciencia que hace hoy rápidos progresos. Las *estaciones magnéticas*, cuya larga série atraviesa actualmente, de Moskou á Pekin, toda el Asia setentrional, y cuyos trabajos deben abrazar el magnetismo terrestre y los otros fenómenos meteorológicos, están llamados á suministrar importantes resultados á la teoría de los vientos. Comparando las observaciones recogidas en diversos puntos de esta línea inmensa, se podrá decidir, por ejemplo, si los vientos de este soplan sin interrupcion, desde el llano desierto de Gobi, hasta el interior del impe-

rio Ruso, ó bien si la corriente producida por la precipitacion del aire de las altas regiones no empieza sino en medio de la cadena de las estaciones. Entonces se sabrá, con exactitud, de *donde viene el viento*. Si no se hace concurrir, al resultado que se quiere obtener, mas que los lugares en que las observaciones sobre la direccion de los vientos se han continuado por espacio de veinte años, se conoce (segun los cálculos ejecutados recientemente con esmero por G. Mahlmann) que el viento de *oeste-sudoeste* es *el viento reinante*, bajo las latitudes medias de las zonas templadas de ambos continentes.

Nuestras ideas sobre la *distribucion del calor* atmosférico se han esclarecido en ciertas relaciones desde que se han hecho esfuerzos para someter los fenómenos á un modo uniforme de representacion gráfica, ligando los unos á los otros por un sistema de líneas, todos los puntos donde las temperaturas medias del año, del estío y del invierno han sido determinadas con exactitud. El sistema de las líneas *isothermas*, *isotheras* é *isochimenas* que he propuesto en 1817, podrá tal vez suministrar una base cierta á la climatologia comparada, si los físicos consienten en reunir sus esfuerzos para perfeccionarlo. Así es como el estudio del magnetismo terrestre se ha hecho una verdadera ciencia desde el dia en que los resultados parciales se han reunido y representado gráficamente por líneas de igual declinacion, de igual inclinacion y de igual intensidad.

La espresion de *clima*, tomada en su acepcion mas general, sirve para designar el conjunto de las variaciones atmosféricas que afectan nuestros órganos de una manera sensible: la temperatura, la humedad, los cambios de la presion barométrica, la calma de la atmósfera, los vientos, la tension mas ó menos fuerte de la electricidad atmosférica, la pure-

za del aire ó la presencia de miasmas mas ó menos deletéreos, en fin el grado ordinario de trasparencia y de serenidad del cielo. Este último dato no influye solamente sobre los efectos de la radiacion calorífica del suelo, sobre el desarrollo orgánico de los vegetales y la maduracion de los frutos, sino tambien sobre la moral del hombre y la armonía de sus facultades.

Si la superficie de la tierra estuviese formada de un solo flúido homogéneo ó de capas que poseyesen un mismo color, la misma densidad, el mismo brillo, la misma facultad de absorber los rayos solares, el mismo poder de radiar el calor hácia los espacios celestes, las líneas isothermas, isotheras é isochimenas estarian todas dirigidas paralelamente al ecuador. En esta hipótesis, los poderes absorbente y emisivo, para el calor y para la luz, serian los mismos en todas partes sobre la superficie del globo en igualdad de latitud. De este estado medio, que no escluye las corrientes de calor en el interior del globo y en su envuelta gaseosa, ni la propagacion del calor por las corrientes de aire, es del que la teoría matemática de los climas debe partir como de un estado primitivo. Todo lo que hace variar los poderes absorbente y emisivo, en algunos puntos situados sobre iguales paralelos, produce una inflexion en las líneas isothermas. La naturaleza de estas inflexiones, los ángulos bajo los cuales las líneas isothermas, isotheras, isochimenas cortan los círculos de latitud, la posicion del vértice de su convexidad ó de su concavidad con relacion al polo del hemisferio correspondiente, son efectos de causas que modifican mas ó menos poderosamente la temperatura bajo las diversas latitudes geográficas.

Es una felicidad para los progresos de la climatología, que la civilizacion europea se haya establecido sobre dos

costas opuestas, ó mas bien, que haya radiado de nuestra costa occidental hasta una costa oriental, atravesando el Atlántico. Cuando despues de muchas tentativas efímeras en Islandia y en Groenlandia, fundaron en fin los habitantes de la Gran Bretaña en el litoral de los Estados-Unidos de América sus primeras colonias durables, cuya poblacion acrecentaron rápidamente las persecuciones religiosas, el fanatismo y el amor á la libertad, los colonos que fueron á establecerse entre la Carolina del Norte y la embocadura del rio San Lorenzo, se admiraron de esperimentar inviernos mucho mas frios que los de la Italia, de la Francia y de la Escocia, bajo las mismas latitudes. Semejante diferencia de climas debia llamar la atencion; sin embargo la observacion no se hizo realmente fecunda en resultados para la meteorología, hasta que pudo basarse sobre datos numéricos espresivos de las temperaturas medias anuales. Comparando de esta manera á Nain, en la costa del Labrador, con Gothenburgo, Halifax con Burdeos, Nueva-York con Nápoles, San Agustin, en la Florida, con el Cairo, se halla que en las mismas latitudes las diferencias entre las temperaturas medias del año de la América oriental y las de la Europa occidental, son, yendo del norte al sud: 11°. 5; 7°. 7; 3°. 8; y casi 0°. El decrecimiento progresivo de estas diferencias en una série que comprende 28° de latitud es palpable. Mas lejos, hácia el sud, bajo los trópicos mismos, las líneas isothermas estan por todas partes paralelas al ecuador. Por los ejemplos precedentes se ve que las cuestiones, tantas veces agitadas en los círculos de la sociedad, relativas á los grados que la América (sin distinguir entre las costas del oeste y las del este) es mas fria que la Europa: qué diferencia hay entre las temperaturas medias del año en el Canadá ó en los Estados-Uni-

dos, y las de la Europa; se ve, decimos, que bajo una forma tan absoluta, tan general, no tienen ningun sentido estas cuestiones. La diferencia, en efecto, no es constante; varía de un paralelo á otro, y sin una comparacion especial de las temperaturas de estío y de invierno sobre las costas opuestas, es imposible formarse una idea exácta de las verdaderas relaciones que existen entre los climas, y apreciar su influencia sobre la agricultura, la industria y el bienestar de las poblaciones.

Señalando las causas que pueden modificar la forma de las líneas isothermas, distinguiré las que elevan la temperatura de las que tienden á rebajarla. La primera clase comprende:

La proximidad de una costa occidental en la zona templada;

La configuracion particular á los continentes que estan cortados en penínsulas numerosas;

Los mediterráneos y los golfos que penetran profundamente en las tierras;

La orientacion, es decir, la posicion de una tierra relativamente á un mar libre de hielos, que se estiende mas allá del círculo polar, ó con relacion á un continente de una estension considerable, situado sobre el mismo meridiano, al ecuador ó al menos al interior de la zona tropical;

La direccion sud y oeste de los vientos reinantes, si se trata de la orilla occidental de un continente situado en la zona templada; las cadenas de montañas que sirven de antemural y de abrigo contra los vientos que vienen de regiones mas frias;

La escasez de los pantanos cuya superficie permanece cubierta de hielo en la primavera y hasta el principio del estío;

La ausencia de bosques en un suelo seco y arenoso; la serenidad constante del cielo durante los meses de estío; en fin la vecindad de una corriente pelágica, si esta corriente trae aguas mas calientes que la del mar ambiente.

Coloco entre las causas que rebajan la temperatura media:

La altura sobre el nivel del mar, de una region que no presenta llanuras considerables;

La vecindad de una costa occidental para las altas y las medias latitudes;

La configuracion compacta de un continente cuyas costas esten desprovistas de golfos;

Una gran estension de las tierras hácia el polo y hasta la region de los hielos eternos (á menos que no haya entre la tierra y esta region un mar constantemente libre durante el invierno);

Una posicion geográfica tal que las regiones tropicales de igual longitud esten ocupadas por el mar; en otros términos, la ausencia de toda tierra tropical sobre el meridiano del pais cuyo clima se trate de estudiar;

Una cadena de montañas que por su forma ó su direccion obstruya el acceso de los vientos cálidos, y aun la vecindad de picos aislados, á causa de las corrientes de aire frio que descienden por lo largo de sus vertientes;

Los bosques de una gran estension: estos amortiguan la accion de los rayos solares, provocan la evaporacion de una gran cantidad de agua, en virtud de su actividad orgánica, y aumentan la superficie capaz de enfriarse por via de radiacion. Los bosques obran pues de tres maneras: por su sombra, por su evaporacion y por su radiacion;

Los numerosos pantanos que forman, en el norte, hasta

la mitad del estío, verdaderos ventisqueros en medio de las llanuras;

Un cielo de estío nebuloso, porque intercepta una parte de los rayos del sol;

Un cielo de invierno muy puro, porque en tal estado favorece la radiacion del calor.

La accion simultánea de todas estas causas reunidas, especialmente de las que dependen de las relaciones de estension y de configuracion de las masas opacas (los continentes), y de las masas diafanas (los mares), determina las inflexiones de las líneas isothermas proyectadas sobre la superficie del globo. Las perturbaciones locales engendran los vértices convexos y cóncavos de estas líneas. Como existen diferentes órdenes entre estas causas, deberá ser considerado primero cada órden aisladamente. Mas tarde, para obtener su efecto total sobre el movimiento de las líneas isothermas, es decir, sobre la direccion y las curvaturas locales de estas líneas, examinaremos de qué manera se modifican estas causas reunidas, se anulan ó se refuerzan mútuamente, del mismo modo que si se tratase de pequeños movimientos undulatorios que se encuentran y se cruzan. Tal es el espíritu del método por el cual me lisongeo que será posible algun dia someter inmensas séries de hechos, en apariencia aislados, á leyes empíricas espresadas numéricamente, y poner en relieve su dependencia recíproca.

Los alisios (vientos de este de la zona tropical) originan remolinos ó contra-corrientes que imprimen la direccion oeste ó oeste-sud-oeste, á los vientos reinantes de las dos zonas templadas; estos son, pues, vientos de tierra, para una costa oriental, y vientos de mar para una costa occidental. Luego, no siendo susceptible la superficie del mar de enfriarse tanto como la de los continentes, á causa de la

enorme masa de las aguas y de la precipitacion inmediata de las partículas enfriadas, resulta que las costas occidentales deben ser mas calientes que las costas orientales, con tal que una corriente oceánica no venga á modificar su temperatura. Esta diferencia fué señalada, la primera vez, por un jóven compañero de Cook, por el ingenioso Jorge Forster, que contribuyó de una manera tan eficaz á inspirarme el gusto de las empresas lejanas. Lo mismo sucede con la analogía que existe, para la temperatura, entre la costa occidental de la América del norte, bajo las latitudes medias, y la costa occidental de la Europa.

Aun en las regiones del norte, existe una diferencia muy palpable entre las temperaturas medias anuales de las costas orientales, y las de las costas occidentales de la América. En Nain, en el Labrador (lat. 57° 10), esta temperatura es de 3°, 8 por cima de 0°, mientras que tambien es de 6°, 9 por cima de 0° en New Archangelsk, sobre la costa noroeste de la América rusa. La temperatura media del estío es apenas de 6°, 2 en el primer parage, y de 13°, 8 en el segundo. Pekin (37° 54′), sobre la costa oriental del Asia, posee una temperatura media anual (11°, 3) menor que la de Nápoles, que es sin embargo un poco mas setentrional; la diferencia escede de 5°. La temperatura media del invierno, en Pekin, es por lo ménos de 3° debajo de 0°; y en la Europa occidental, en Paris mismo (48° 50′), es de 3°, 3 sobre 0°. Los inviernos de Pekin son aun, en término medio, de dos grados y medio mas frios que los de Copenhague, á pesar de la situacion mucho mas setentrional de esta última ciudad (17° de latitud mas al norte que Pekin).

Hémos esplicado mas arriba con cuanta lentitud sigue la masa enorme de las aguas del océano las variaciones de tem-

peratura de la atmósfera, y hemos sacado la consecuencia que el mar sirve para igualar las temperaturas, que templa á la vez el rigor de los inviernos y el calor de los estíos. De aquí nace una oposicion importante entre el clima de las islas ó de las costas, propio á todos los continentes articulados, ricos en penínsulas y en golfos, y el clima del interior de una gran masa compacta de tierras firmes. Este contraste fué completamente desarrollado por primera vez por Leopoldo de Buch. Ninguno de estos rasgos característicos, ninguno de sus efectos sobre la fuerza de la vegetacion, el desarrollo de la agricultura, la trasparencia del cielo, la radiacion calorífica del suelo, y la altura de las nieves eternas, se han ocultado al gran geólogo. En el interior del Asia, Tobolsk, Barnaul sobre el Obi, y Irkoutsk tienen los mismos estíos que Berlin, Munster y Cherburgo; pero á estos estíos suceden inviernos cuya espantosa temperatura media es de —18° á —20°. Durante los meses de estío, se ve el thermómetro mantenerse semanas enteras á 30° y 31°. Estos *climas continentales* han sido, con justa razon, llamados *excesivos* por el célebre Buffon, y los habitantes de las comarcas donde reinan estos climas excesivos, parecen estar condenados, como las almas en pena del purgatorio de Dante.

A sofferir tormenti caldi e geli.

Jamás en ninguna parte del mundo, ni aun en el mediodia de la Francia, en España ó en las islas Canarias, he hallado tan buenas frutas y sobre todo tan hermosos racimos de uvas como en las cercanías de Astrakhan, á orillas del mar Caspio (46° 21′). La temperatura media del año es próximamente de 9°; la del estío monta á 21°,2, como en Burdeos; pero en invierno, desciende el thermómetro á

25° y á 30°. Lo mismo sucede en Kislar, á la embocadura del Terek, aunque esta última ciudad sea aun mas meridional que Astrakhan (por las latitudes de Aviñon y de Rimini).

El clima de la Irlanda, de las islas de Jersey y de Guernesey, de la península de Bretaña, de las costas de Normandía y de la Inglaterra meridional, paises de inviernos templados y de estíos frescos y nebulosos, contrasta fuertemente con el clima *continental* del interior de la Europa oriental. Al N.E. de la Irlanda (54°, 5) bajo la misma lat. que Konigsberg en Prusia, crece el mirto en medio del campo como en Portugal. La temperatura del mes de agosto llega á 21° en Hungría: es de 16° á lo mas en Dublin (sobre la misma línea isotherma de 9° ½). La temperatura media de invierno desciende á 2° 4 en Buda; en Dublin, donde la temperatura anual no es mas que de 9°, 5, la del invierno es aun de 4°, 3 por cima del hielo; es 2° mas que en Milan, que en Pavía, que en Padua y que en toda la Lombardía donde el calor medio del año monta á 12°, 7. En las Orcadas (Stromness), un poco al sud de Stocolmo (la diferencia de latitud no es de medio grado), la temperatura media del invierno es de 4°, es decir, que es mas elevada que en Paris y casi tan caliente como en Lóndres. Hay mas, las aguas interiores no se hielan jamás en las islas de Feroe, colocadas por 62° grados de latitud, bajo la dulce influencia del viento de oeste y del mar. Sobre las benignas costas del Devonshire, de que uno de los puertos (Salcombe) ha sido apellidado el Montpeller del Norte, á causa de la dulzura de su clima, se ha visto la *pita Mejicana* florecer en el campo, y naranjos de espaldera llevar fruto, aunque apenas estuviesen abrigados por algunas esteras. Allí, como en Penzance, como en Gosport y en Cherburgo so-

bre las costas de la Normandía, la temperatura media del invierno es 5°, 5; no es pues inferior á la de Montpellier y de Florencia mas que de 1°, 3. Estas aproximaciones muestran bastante los muchos modos con que una misma y sola temperatura media anual puede repartirse entre las diversas estaciones, y cuanta influencia egercen estos diversos modos de distribucion del calor, en el curso del año, sobre la vegetacion, la agricultura, la maduracion de los frutos y el bienestar material del hombre.

Las líneas que he llamado *isochimenas é isotheras*, (líneas de iguales temperaturas de estío y de invierno) no están de ningun modo paralelas á las líneas isothermas (líneas de iguales temperaturas anuales). Si allí donde los mirtos crecen sin cultivo, y donde jamás se cubre el suelo, en invierno, de una nieve permanente, las temperaturas de estío y de otoño bastan apenas para hacer madurar las manzanas, ni la viña, para dar un vino potable, huye de las islas y de casi todas las costas, aun de las costas occidentales, no es solamente á causa de la débil temperatura que reina en estío sobre el litoral; la razon de estos fenómenos está en otra parte y no en las indicaciones suministradas por nuestros thermómetros cuando están colgados á la sombra. Es menester buscarla en la influencia de la luz directa de que casi no se ha tenido cuenta hasta aquí, bien que se manifieste en una porcion de fenómenos (por ejemplo, en la inflamacion de una mezcla de hydrógeno y el cloro). Acerca de esto, existe una diferencia capital entre la luz difusa y la luz directa, entre la luz que ha atravesado un cielo sereno, y la que ha sido debilitada y dispersada en todos sentidos por un cielo nebuloso. Hace mucho tiempo que me he esforzado en llamar la atencion de los físicos y de los fitólogos sobre esta diferencia, y sobre la cantidad de calor

aun desconocida que la accion de la luz directa desarrolla en las celdillas de los vegetales vivos.

Si se recorre la escala thérmica de los diversos géneros de cultivo empezando por los que exigen el clima mas cálido, se encuentran sucesivamente la vainilla, el cacao, el plátano, el cocotero; despues la piña, la caña de azúcar, el café, la palmera, el limonero, el olivo, el castaño y la viña que dá vino potable. Estudiando la distribucion de estos diversos cultivos en las llanuras y en las vertientes de las montañas, no se tarda en conocer que sus límites geográficos no están esclusivamente reglados por las temperaturas medias anuales. Así, para que la viña produzca vino potable, no basta que el calor medio del año esceda de 9°½; es menester tambien que una temperatura de invierno superior á + 0°, sea seguida de una temperatura media de 18° al menos durante el estío. En el valle del Garona, en Burdeos (lat. 40° 50'), las temperaturas medias del año, del invierno, del estío y del otoño son respectivamente: 13°, 8; 6°, 2; 21°, 7; 14° 4. En las llanuras del litoral del mar Báltico (52°½) donde el vino no es ya potable y sin embargo se consume.), estos números son: 8°, 6; —0°, 7; 17°, 6; 8°6. Ciertamente, debe existir una oposicion bien marcada entre ambos climas, uno de los cuales es eminentemente favorable al cultivo de la viña, al paso que el otro llega al límite en que este cultivo deja de producir, y parece desde luego sorprendente que las indicaciones thermométricas no revelen con mas claridad esta diferencia. Pero causará menos admiracion si se considera que un thermómetro puesto á la sombra, abrigado casi completamente contra los efectos de la insolacion directa y de la radiacion nocturna, no podria indicar la temperatura del suelo espuesto libremente á todas estas influencias, ni las variaciones periódicas de que está

temperatura es afectada de una estacion á otra.

Las mismas relaciones de climas que se observan entre la península de Bretaña y el resto de la Francia, cuya masa es mas compacta, donde los estios son mas calientes y los inviernos mas crudos, se reproducen, hasta cierto punto, entre la Europa y el continente asiático de que la Europa forma la península occidental. La Europa debe la suavidad de su clima á su configuracion ricamente articulada, al océano que baña las costas occidentales del Antiguo-Mundo, al mar libre de hielos que la separa de las regiones polares, y sobre todo á la existencia y á la situacion geográfica del continente africano, cuyas regiones intertropicales radian abundantemente y provocan la ascencion de una inmensa corriente de aire cálido, mientras que las regiones colocadas al sud del Asia son en gran parte oceánicas. La Europa se haria mas fria si el Africa se sumergiera, si la fabulosa Atlántide, saliendo del seno del Océano, viniese á unir la Europa con la América; si las aguas calientes del Gulf-Stream no se desviasen en los mares del norte, ó si una nueva tierra, levantada por las fuerzas volcánicas, se intercalara entre la península Escandinava y el Spitzberg. A medida que se adelanta del oeste al este, recorriendo, sobre un mismo paralelo de latitud, la Francia, la Alemania, la Polonia, la Rusia, hasta la cadena de los montes Urales, se ven las temperaturas medias del año seguir una série descreciente. Pero tambien, á medida que se penetra así en el interior de las tierras, la forma del continente se hace mas y mas compacta; su anchura aumenta, la influencia del mar disminuye, la de los vientos de oeste es menos sensible: allí es donde hay que buscar la razon principal de la declinacion progresiva de la temperatura. En las regiones situadas á la parte de allá del Ural, ya los vientos de oeste se han con-

vertido en vientos de tierra. En vez de calentar, enfrian estos paises, cuando llegan á ellos despues de haber soplado sobre grandes estensiones de tierras heladas y cubiertas de nieve. El rigor del clima, en el oeste de la Siberia, es un efecto de estas causas generales; es debido á la configuracion de la tierra firme, y á la naturaleza de las corrientes atmosféricas, pero no, aunque lo hayan dicho Hipócrates, Trogo Pompeyo, y aun mas de un viagero célebre del XVIII.° siglo, á una grande altura del suelo sobre el nivel del mar.

Dejemos ahora las llanuras para ocuparnos de las desigualdades de que está sembrada la superficie polyedrica de nuestro globo, y consideremos las montañas relativamente á su accion sobre el clima de los paises vecinos, y á la influencia que ejercen, en razon de la altura, sobre la temperatura de sus propias cimas, ó aun sobre la de las mesetas que soportan. Las cadenas de montañas dividen la superficie terrestre en grandes hoyas, en valles profundos y estrechos y en valles circulares. Estos valles, muchas veces encajonados como entre murallas, *individualizan* los climas locales (por ejemplo en Grecia y en una parte del Asia menor) y los colocan en condiciones enteramente especiales con relacion al calor, á la humedad, á la trasparencia del aire, á la frecuencia de los vientos y de las tormentas. Esta configuracion ha ejercido en todos tiempos una poderosa influencia sobre las producciones del suelo, la eleccion de los cultivos, las costumbres, las formas gubernamentales y aun sobre las enemistades de las razas vecinas. El caracter de la *individualidad geográfica* llega, por decirlo asi á su máximun, cuando la configuracion del suelo, en el sentido horizontal y en el sentido vertical, es variada todo lo posible. El carácter opuesto está fuertemente marcado

en las estepas del Asia setentrional, en las grandes llanuras herbáceas del Nuevo-Mundo (savanas, llanos, pampas), en las landas de matorrales (ericeta) de la Europa y en los desiertos de arenas ó de piedras del Africa.

La ley que sigue el descrecimiento del calor, en diferentes latitudes, á medida que la altura aumenta, es de mucha importancia en la meteorología; no interesa menos á la geografía de las plantas, la theoría de la refraccion terrestre, y las hipótesis diversas sobre las cuales se funda la valuacion de la altura de la atmósfera. Así el estudio de esta ley ha sido siempre uno de los objetos principales de mis pesquisas en las numerosas ascensiones de montañas que he ejecutado dentro y fuera de los trópicos.

Desde que se sabe, con alguna exactitud como se distribuye el calor en la superficie del globo, es decir, desde que se estudian las inflexiones y las distancias de las líneas isothermas é isotheras, en los diversos sistemas de temperatura al este y al oeste del Asia, de la Europa central y de la América del norte, no es permitido sentar, bajo una forma absoluta, esta cuestion: ¿á qué fraccion del calor thermométrico medio del año ó del estío, corresponde una variacion de 1° en latitud, cuando se muda de lugar en un mismo meridiano? Reina en cada sistema de líneas isothermas de curvaturas iguales, un enlace íntimo y necesario entre tres elementos: la disminucion del calor en el sentido vertical y de abajo arriba; la variacion de temperatura para 1° de cambio en la latitud geográfica; y la relacion que existe entre la media temperatura de una estacion, sobre una montaña, y la distancia al polo de un punto situado al nivel del mar.

En el sistema de la *América oriental*, la temperatura media anual varía, desde la costa del Labrador hasta Bós-

ton, de 0°, 88; por cada grado de latitud; de Boston á Charleston de 0°, 95; de Charleston al trópico de cáncer (Cuba) la variacion disminuye; no es mas que de 0°, 66. En la zona tropical misma, la temperatura media varía con tanta lentitud, que, de la Habana á Cumaná, el cambio para un grado de latitud no escede de 0°, 20.

De una manera muy distinta es el sistema formado por las líneas isothermas de la *Europa central*. Entre los paralelos de 38 y de 71°, hallo que la temperatura descrece uniformemente en razon de medio grado del thermómetro por cada grado de latitud. Pero como, por otra parte, el calor disminuye 1° en esta region, cuando la altura aumenta 156 ó 170 metros, resulta que 78, ú 85 metros de elevacion sobre el nivel del mar producen el mismo efecto, sobre la temperatura anual, que una mudanza hácia el norte de 1° en latitud. Así la temperatura media anual del convento del Monte San Bernardo, situado á 2491 metros de altura, por 45° 50' de latitud se vuelve á hallar en la llanura en una latitud de 75° 50.

Las observaciones que he hecho hasta 6000 metros de altura, en la parte de la cordillera de los Andes comprendida entre los trópicos, me han dado una disminucion de 1° de temperatura por 187 metros de aumento en la elevacion. Treinta años despues, mi amigo Boussingault halló por término medio 175 metros. Comparando los lugares situados sobre la vertiente misma de las Cordilleras, con otros lugares de igual altura sobre el mar, pero colocados en llanuras de una grande estension, he notado que la temperatura media del año era mas elevada de 1°, 5 á 2°, 3 en estos últimos lugares. La diferencia seria mayor, sin la disipacion de calor que la radiacion ocasiona durante la noche. Como en esta region, se hallan los climas esca-

lonados los unos sobre los otros, desde los bosques de cacaos de las llanuras bajas hasta la nieve eterna, y como la temperatura varía muy poco de un estremo á otro del año, puede formarse una idea bastante exacta de las temperaturas particulares á las grandes ciudades de la cadena de los Andes, comparándolas á las que se esperimentan en Francia y en Italia en ciertas épocas del año. Mientras que reina cada dia, en las arboladas orillas del Orinoco, un calor que escede de 4° al del mes de agosto en Palermo, se hallan á medida que se sube sobre los Andes, en Popayan (1775 m.) los tres meses de estío de Marsella; en Quito (2908 m.), el fin del mes de mayo de Paris; en fin, sobre los Páramos, donde crecen plantas alpestres, ruines, es verdad, y sin embargo cubiertas de flores, se halla la temperatura que reina en Paris, á principios del mes de abril.

Cuanto mas nos aproximamos al ecuador, mas elevado es el límite de las nieves eternas; el ingenioso Pedro Martir de Anghiera, uno de los amigos de Cristobal Colon, fué ciertamente el primero que lo observó (despues de la espedicion emprendida en octubre de 1510 por Rodrigo Enrique Colmenares). Hé aquí lo que dice con este motivo en su bella obra *De rebus oceanicis*: «El rio Gaira desciende de una montaña (en la Sierra-Nevada de Santa Marta) que, á decir de los compañeros de Colmenares, escede en altura á todas las montañas conocidas, y así debe ser en efecto, pues que esta montaña, situada á 10° todo lo mas del ecuador, conserva en todo tiempo la nieve sobre su cima.» El límite de las nieves eternas, para una latitud dada, es la línea de las nieves que resisten al estío; en otros términos, es la mayor altura á que esta línea puede remontar en el curso del año entero. Este dato debe distinguirse con cuidado de los tres fenómenos siguientes: la oscilacion

anual del límite inferior de las nieves, la caida de la nieve esporádica, y la formacion de los ventisqueros, que parece no pueden existir mas que en las zonas frias y templadas. Desde los inmortales trabajos de Saussure, el fenómeno de los ventisqueros se ha estudiado en los Alpes; por Venetz y Charpentier, y especialmente por Agassiz, cuya perseverancia é intrepidéz son superiores á todo elogio.

Conocemos bien el límite inferior de las nieves perpétuas; en cuanto á su límite superior, no hay cuestion, porque las cimas mas altas estan todavía lejos de llegar á esas capas de aire enrarecido que, segun una opinion muy probable de Bouguer, no contienen ya vapor vesicular capaz de engendrar cristales de hielo, por el enfriamiento, y tomar así una forma visible. El límite inferior de las nieves no es únicamente una funcion de la latitud geográfica y de la temperatura media anual del lugar; no es ni el ecuador, ni aun en la zona intertropical, como se ha creido mucho tiempo, donde este límite llega á su mas grande altura sobre el nivel del mar. El fenómeno de que se trata es, en general, un efecto muy complexo de la temperatura, del estado hygrométrico y de la forma de las montañas; y si se somete á un análisis todavía mas detallado lo que las observaciones recientes permiten hacer hoy, se conoce que depende del concurso de un gran número de causas tales como la diferencia de las temperaturas propia á cada estacion; la direccion de los vientos reinantes y su contacto; ya con el mar, ya con la tierra; el grado habitual de sequedad ó de humedad de las capas superiores de la atmósfera; el espesor absoluto de la masa de nieve que ha caido ó que se ha acumulado; la relacion entre la altura del límite inferior de las nieves y la altura total de la montaña; la posicion relativa de esta última en la cadena de que hace

parte; el escarpe de las vertientes; la vecindad de otras cimas igualmente cubiertas de nieve perpétua; la estension y la altura absoluta de las mesetas en cuyo seno se eleva la cima nevada como un pico aislado, ó sobre la cumbre de una cadena de montañas. En fin, hay que tener en cuenta la situacion de estas mesetas á la orilla del mar ó en el interior de los continentes; es menester examinar si estan formadas de bosques ó de prados, de pantanos ó bien de arenas áridas y de grandes bloques de rocas.

Bajo el ecuador y en América, el límite inferior de las nieves llega á la altura del Mont-Blanc de la cadena de los Alpes, y despues baja hácia el trópico boreal; las últimas medidas lo colocan cerca de 312 metros mas bajo sobre la llanura de Méjico, por 91° de latitud norte. Al contrario, se eleva, hácia el trópico austral; pues Pentlan halló que, sobre la Cordillera marítima de Chile (de 14° 1/2 á 18° de latitud austral), este límite es de 800 metros mas elevado que bajo el ecuador, cerca de Quito sobre el Chimborazo, el Cotopasi y el Antisana. El doctor Gillies asegura tambien que, por 33° de latitud austral, el límite de las nieves eternas se halla comprendido entre 4420 y 4580 metros, sobre las vertientes del volcan de Peuquenes. Cuando el cielo está puro durante el estío, la sequedad estrema de la atmósfera favorece hasta tal punto la evaporacion de la nieve, que el volcan de Aconcagua (al N. O. de Valparaiso, lat. 32° 1/2) se ha visto completamente privado de nieve; y sin embargo, su altura escede de 450 metros á la del Chimborazo, segun las medidas de la espedicion del Beagle.

Casi sobre el mismo círculo de latitud boreal (de 30° 3/4 á 31°), sobre la vertiente meridional del Himalaya, el límite de las nieves está situado á 3956 metros de altura. Com-

binando, comparando medidas ejecutadas sobre otras cadenas de montañas, se ha llegado á prever este resultado que las medidas directas han confirmado despues. Pero sobre la vertiente setentrional, colocada bajo la influencia del llano thibetaneo, cuya altura media parece ser de 3500 metros, el límite de las nieves eternas remonta mas arriba, y es de cerca de 4068 metros. Esta diferencia ha sido mucho tiempo controvertida en Europa y en la India, y yo mismo he consagrado muchos escritos, desde 1820, á desenvolver mis ideas sobre este asunto. Se trataba de uno de esos grandes hechos naturales que no es solo al físico á quien interesan, porque la altura de las nieves eternas ha debido ejercer una influencia poderosa en las condiciones de existencia de los pueblos primitivos. Casi siempre han determinado sencillos datos meteorológicos, sobre grandes estensiones de un mismo continente, aquí la vida agrícola, y en otra parte la vida errante.

Como la cantidad de vapor contenida en la atmósfera aumenta con la temperatura, resulta que este elemento debe variar segun las horas del dia, las estaciones, las latitudes y las alturas. Nuestros conocimientos sobre el elemento higrométrico, que hace un papel tan considerable en la creacion orgánica, han progresado sensiblemente desde la introduccion de un nuevo procedimiento de medidas en que se halla una ingeniosa aplicacion de las ideas de Dalton y de Daniell, y cuyo empleo se ha generalizado muy prontamente; basta indicar aquí el psycrómetro de Augusto, con ayuda del cual se determina la diferencia del punto de rocio con la temperatura del aire ambiente, y, por consecuencia, la cantidad de vapor contenida en la atmósfera. La temperatura, la presion atmósferica y la direccion del viento tienen íntimas relaciones con la humedad,

cuyo poder vivificante no depende solo de la cantidad absoluta del vapor disuelto en las capas de aire, sino tambien de la frecuencia y del modo de precipitacion de este vapor, sea que humedezca el suelo en forma de rocio ó de niebla, sea que caiga condensado en gotas de lluvia y en copos de nieve. Segun Dove: «La fuerza elástica del vapor de agua, contenida en la atmósfera de nuestra zona templada, se halla en su máximum cuando reina el viento S. O. y en su mínimun cuando sopla el N. E. Disminuye al oeste de la rosa de los vientos; y al contrario, va aumentando en la region oriental. En efecto, del lado del oeste, una corriente de aire frio, pesado y seco, rechaza la corriente cálida, ligera y húmeda, mientras que, del lado opuesto, es la segunda corriente la que arrolla á la primera. La corriente del S. O. no es mas que una desviacion de la corriente ecuatorial, y la corriente del N. E. es la sola corriente polar reinante.»

Si algunas regiones de los trópicos en que nunca cae lluvia ni rocío sensibles y cuyo cielo permanece completamente limpio de nubes durante cinco y aun siete meses, nos ofrecen sin embargo un gran número de árboles cubiertos de un lozano y agradable verdor, es sin duda que las partes apendiculares (las hojas) poseen la facultad de absorber el agua de la atmósfera por un acto particular á la vida orgánica, independientemente de la disminucion de temperatura que la radiacion produce. Las llanuras áridas de Cumaná, de Coro y de Ceara (Brasil setentrional), que jamás humedece la lluvia, contrastan con otras regiones de los trópicos donde el agua del cielo cae en abundancia. En la Habana, por ejemplo, D. Ramon de la Sagra ha deducido de seis años de observaciones, que caen, año comun, 2761 milímetros de lluvia, es decir, cuatro ó cinco veces mas que

en Paris y en Ginebra. Sobre la vertiente de la cadena de los Andes la cantidad de lluvia anual descrece como la temperatura, á medida que la altura aumenta. Caldas, uno de mis compañeros de viaje á la América del sud, halló que en santa Fé de Bogotá (altura 2600 metros), la cantidad de lluvia no escede de 1000 milímetros; así es ménos abundante que sobre ciertos puntos de las costas occidentales de la Europa. Boussingault ha visto muchas veces, en Quito, retrogradar el hygrómetro de Saussure hasta 26°, por una temperatura de 12 á 13°. Gay-Lussac, cuando su célebre ascension aereostática, vió el mismo instrumento de medida marcar 25°, 3 en las capas de aire situadas á 2100 metros de altura. Pero la mayor sequedad que se ha observado hasta aquí en las llanuras bajas, es ciertamente la que Gustavo Rose, Ehremberg y yo, hemos tenido ocasion de medir en Asia entre las concavidades del Irtysch y del Obi, en la estepa de Platowskaia. El viento del sudoeste habia soplado mucho tiempo del interior del continente; siendo la temperatura atmosférica de 23°, 7, hallamos que el punto de rocío habia descendido á 4°, 3 bajo el hielo. Así no contenia el aire mas que $^{16}/_{100}$ de vapor de agua. En estos últimos tiempos, algunos observadores han suscitado dudas sobre la gran sequedad que las medidas hygrométricas de Saussure y las mias parecen indicar para el aire de las altas regiones de los Alpes y de los Andes; pero se han limitado á comparar la atmósféra de Zurich á la del Faulhor, cuya altura no puede pasar por considerable mas que en Europa. Bajo los trópicos, cerca de la region en que la nieve empieza á caer, es decir, entre 3600 y 3900 metros de altura, las plantas alpestres, con hojas de mirto y grandes flores, peculiares á los Páramos, estan bañadas de una humedad casi perpétua; pero esta humedad no prue-

ba que exista, á esta elevacion, una gran cantidad de vapores; prueba solamente que la precipitacion se reitera con frecuencia. Otro tanto puede decirse de las nieblas tan comunes en la hermosa llanura de Bogotá. Las capas de nubes se forman y se disuelven muchas veces en el espacio de una hora, fuegos rápidos de la atmósfera que caracterizan, en general, las mesetas y los Páramos de la cadena de los Andes.

La *electricidad de la atmósfera* se anuda por mil lazos á todos los fenómenos de la distribucion del calor, á la presion, á los meteoros acuosos, y, segun toda verosimilitud, al magnetismo de que la corteza superficial del globo parece estar dotada. Estas relaciones íntimas se revelan, ya que se considere la electricidad de las bajas regiones del aire donde su marcha silenciosa varía por periodos todavía problemáticos, ya que se le estudie en las capas elevadas, en el seno de las nubes donde brilla el relámpago, donde estalla el rayo con estrépito. Ejerce una influencia poderosa sobre los dos reinos de las plantas y de los animales, primero por los fenómenos meteorológicos á que da origen, tales como la precipitacion de los vapores acuosos y la formacion de compuestos ácidos ó amoniacales, en seguida como agente especial que escita directamente el aparato nervioso y los movimientos circulantes de los líquidos orgánicos. No es este el lugar de renovar antiguos debates sobre el origen de la electricidad que se desenvuelve en la atmósfera bajo un cielo sereno: no trataremos de investigar si hay que atribuir esta electricidad á la evaporacion de las aguas impuras, cargadas de sales y de sustancias terrosas, á la vegetacion, á las numerosas reacciones químicas de que es teatro el suelo, á la desigual reparticion del calor en las capas aéreas, ó si hay que recurrir á la ingeniosa hi-

potesis por la que esplica Peltier la electricidad positiva de la atmósfera, suponiendo al globo una carga constantemente negativa. En vez de abordar este vasto campo de discusiones, la descripcion física del mundo debe partir de las observaciones electrométricas, tales como las suministra, por ejemplo, el injenioso aparató electro-magnético propuesto por Colladon, para averiguar como crece la tension de la electricidad positiva con la altura de la estacion y la rareza de los árboles en las comarcas vecinas; cuáles son los periodos en que se verifican el flujo y el reflujo diurnos de la electricidad atmosférica (segun las indagaciones instituidas en Dublin, por Clarke, estos periodos serian menos sencillos que aquellos de que yo habia, con Saussure, reconocido la existencia); y como varía la tension segun las estaciones, la distancia al ecuador y la proporcion local de la superficie de las tierras á la del Océano.

Si puede decirse con certeza, en thesis general, que el equilibrio de las fuerzas eléctricas está sujeto á perturbaciones menos frecuentes, allí donde el Océano aéreo descansa sobre un fondo líquido, como en las atmósferas continentales, no es menos evidente que se ven, en el seno de los mas vastos mares, los pequeñísimos grupos de islas obrar sobre el estado eléctrico de la atmósfera y provocar la formacion de las tempestades. Frecuentemente, en largas séries de investigaciones emprendidas en tiempo brumoso, ó cuando la nieve empezaba á caer, he visto la eletricidad atmosférica, primero vidriada de una manera permanente, pasar de pronto á la electricidad resinosa, y he visto estas alternativas reproducirse muchas veces, tanto en los llanos de las zonas frias cuanto en los Páramos de las cordilleras entre 3200 y 4500 metros de altura. El fenómeno era de todo punto semejante á los que indican los electrómetros, algun

tiempo antes de una tormenta y mientras esta dura. Cada vesícula de vapor está rodeada de una pequeña atmósfera eléctrica; cuando estas vesículas se juntan y se condensan en nubes de contornos determinados, la electricidad de cada una de ellas viene á la superficie y contribuye al acrecentamiento de la tension general sobre la envuelta esterior. Las nubes de un gris pizarreño estan cargadas de electricidad resinosa, segun las investigaciones de Peltier, en Paris, y las nubes blancas, rosadas ó naranjadas poseen la electricidad vidriada. Las nubes tempestuosas pueden formarse á cualquiera altura: las he visto coronar las mas altas cimas de los Andes; he hallado vestigios de vitrificacion operada por el rayo, sobre una de las rocas en forma de torre que sobresalen ciñendo el cráter del volcan de Toluca, á 4600 metros de elevacion. Del mismo modo, en las llanuras bajas de las zonas templadas, la altura de ciertas nubes tempestuosas, medida en el sentido vertical, se ha encontrado ser de 8000 metros. Pero tambien la capa de nubes que encierra al rayo puede hundirse, y descender alguna vez á 150 y aun á 100 metros del suelo de los llanos.

En el trabajo mas completo que poseemos hasta ahora sobre uno de los ramos mas delicados de la meteorología, distingue Arago tres especies de manifestaciones luminosas (los *relámpagos*). Hay relámpagos en zig-zag cuyas orillas estan claramente terminadas. Otros relámpagos sin formas definidas iluminan el cielo; cuando brillan, se diria que la nube se abre para dejarles paso. Los de la tercera clase se asemejan á globos de fuego. Apenas duran los primeros $^{1}/_{1000}$ de segundo; pero los relámpagos globularios son mucho menos rápidos y pueden durar muchos segundos. Alguna vez, nubes aisladas, situadas á una grande altura sobre el horizonte, se hacen luminosas sin que el trueno se

deje oir y aun sin ninguna apariencia de tormenta. Este fenómeno singular permanece bastante tiempo; primero fué señalado por Nicholson y por Beccaria, cuyas descripciones estan en perfecto acuerdo con las observaciones mas recientes. Tambien se han visto, en la ausencia de todo síntoma de tempestad, pedriscos, gotas de lluvia y copos de nieve brillar con una luz eléctrica. Indiquemos, en fin, como uno de los rasgos mas palpables de la *distribucion geográfica de las tormentas*, el contraste singular que ofrece la costa peruana donde jamás truena, con el resto de la zona de los trópicos, en que casi todos los dias, en ciertas épocas del año, se forman tormentas cuatro ó cinco horas despues de la culminacion del sol. Sobre esta interesante cuestion ha recogido Arago los testimonios de un gran número de navegantes (Scoresby, Parry, Ross, Franklin), que ponen fuera de duda la estremada rareza de las esplosiones eléctricas, en las altas latitudes boreales de 70° y de 75°.

No acabaremos la parte metereológica del cuadro de la naturaleza, sin insistir otra vez sobre la estrecha conexidad que entrelaza los fenómenos de la atmósfera. Ni uno de los agentes que, como la luz, el calor, la elasticidad de los vapores y la electricidad, representan un papel tan considerable en el océano aéreo, puede hacer sentir su influencia, sin que el fenómeno producido no sea modificado al instante por la intervencion simultánea de todos los otros agentes. Esta complicacion de causas perturbadoras nos trasportan involuntariamente á las que alteran sin cesar los movimientos de los cuerpos celestes, y sobre todo á las de los cuerpos de débil masa, que se aproximan mucho á los centros principales de accion (los cometas, los satélites, las exhalaciones). Pero aquí la confusion de las apariencias

se hace frecuentemente intrincada; nos quita la esperanza de llegar algun dia á prever, mas que en límites muy estrechos, los cambios de la atmósfera, cuyo conocimiento anticipado seria de tanto interés para el cultivo de los plantéles y de los campos, para la navegacion, el bienestar y los placeres de los hombres. Los que buscan con preferencia en la meteorología, esta problemática prevision de los fenómenos, se persuaden que en vano se han emprendido tantas espediciones, y que han sido inútiles tantas observaciones recogidas y discutidas; para ellos no ha progresado la meteorología. Niegan su confianza á una ciencia tan estéril á sus ojos, para concederla á las fases de la luna ó á ciertos dias marcados en el calendario por antiguas supersticiones.

Es raro que sobrevengan grandes desvíos locales en la distribucion de las temperaturas medias; ordinariamente las anomalías se reparten uniformemente sobre grandes estensiones. El desvío accidental llega á su máximum en un lugar determinado, y descrece en seguida por ambas partes de este punto, yendo hácia ciertos límites. Si se traspasan estos límites, pueden hallarse grandes desvíos en *sentidos opuestos*. Solo se producen mas frecuentemente del sud hácia el norte, que del oeste hácia el este. A fines del año de 1829 (acababa entonces mi viage á Siberia), el máximum del frio se esperimentó en Berlin, mientras que la América del norte gozaba de un calor insólito. Es una suposicion, enteramente gratuita la de esperar un estío caliente á consecuencia de un invierno rigoroso, ó un invierno templado despues de un estío fresco. «La variedad, la oposicion misma de las condiciones accidentales de la temperatura en dos regiones vecinas, ó sobre dos continentes productores de granos, es un beneficio, porque resulta una

especie de igualacion en el precio de muchos géneros.»

Se ha notado justamente que las indicaciones del barómetro se refieren á todas las capas de aire situadas por cima del lugar de observacion, hasta los límites estremos de la atmósfera, mientras que las del thermómetro y del psychrómetro son puramente locales y no se aplican mas que á la capa de aire vecina del suelo. Si se trata de estudiar las modificaciones thermométricas ó hygrométricas de las capas superiores, es menester proceder á observaciones directas sobre las montañas ó á ascensiones aereostáticas. Cuando faltan estos medios directos, hay que recurrir á hipótesis que puedan permitir el empleo del barómetro como instrumento de medida para el calor y la humedad. Los fenómenos meteorológicos mas importantes no se elaboran, en general, sobre el mismo lugar en que se observan; su origen está en otra parte. Ordinariamente empiezan por una perturbacion que sobreviene á lo lejos en las corrientes de las altas regiones; despues, sin intervalos, el aire frio ó caliente, seco ó húmedo de estas corrientes desviadas, invade la atmósfera, enturbia ó restablece la trasparencia, amontona los nublados con formas pesadas y redondas (*cumulus*), ó los divide y disemina en copos ligeros como pequeñas plumas (*cirrus*). Así la multiplicidad de las perturbaciones se complica tambien por la lejanía de las causas frecuentemente inaccesibles, y acaso he tenido razon en creer que la meteorologia debia buscar su punto de partida y echar sus raices en la zona tropical, region privilegiada, donde los vientos soplan constantemente en la misma direccion, ó las mareas atmosféricas, la marcha de los meteoros acuosos y las esplosiones del rayo estan sujetas á reproducirse periódicamente.

VIDA ORGANICA.

CUADRO GENERAL DE LA VIDA ORGANICA.

Despues de haber recorrido el círculo entero de la vida inorgánica del globo terrestre, y bosquejado con grandes rasgos la forma esterior de nuestro planeta, su calor interno, su tension electro-magnética, los efluvios luminosos de estos polos, su vulcanismo, es decir, la reaccion del interior contra la corteza sólida, sus dos envueltas, el mar y el océano aéreo, parece que este cuadro está acabado, y lo estaria en efecto, al punto de vista de la descripcion física del mundo tal como se concebia en otros tiempos. Hoy dirigimos nuestros esfuerzos hácia un objeto mas elevado; para nosotros, el cuadro de la naturaleza estaria privado de su mayor atractivo, si se escluyera la organizacion con las numerosas fases de su desarrollo típico. La nocion de la vida está unida de tal modo, en todas nuestras concepciones, á la de las fuerzas que vemos incesantemente emplear á la naturaleza, sea para crear, sea para destruir, que los mitos de los pueblos primitivos han atribuido siempre á estas fuerzas la virtud de engendrar plantas y animales y presentado la época en que la tierra estaba inanimada y desierta como la del caos primitivo, y la de la lucha de los elementos. Pero el dominio de los hechos, de la con-

periencia, de la observacion, el estudio descriptivo del estado actual de nuestro planeta, no tienen lugar para la investigacion de las causas primeras, ni para las inabordables cuestiones de orígen.

Encadenada á la realidad por el espíritu de moderacion de la ciencia moderna, la descripcion física del mundo permanece estraña, no por timidez, sino por la naturaleza misma de su objeto y de sus límites, á los oscuros principios de la historia de la organizacion (aquí tomamos la palabra *historia* en su acepcion mas usada). Una vez hechas estas reservas, la descripcion física del mundo debe recordar que todos los materiales de que está formada la creacion de los séres vivientes, se encuentran en la corteza inorgánica de la tierra. Debe manifestar los vegetales y los animales sometidos á las mismas fuerzas que rigen á los cuerpos brutos, y señalar en combinaciones ó descomposiciones de la materia, la accion de los mismos agentes que dan á los tejidos orgánicos sus formas y sus propiedades: solamente obran entonces estas fuerzas bajo condiciones poco conocidas, que se designan con el nombre vago de *fenómenos vitales*, y que se han agrupado sistemáticamente por las analogías mas ó menos felices. Aquella es la que legitima la tendencia de nuestro espíritu á seguir la accion de las fuerzas físicas hasta en la evolucion de las formas vegetales, y en la de los organismos que llevan en sí el principio de su movimiento. Tambien es aquella la que enlaza el cuadro de la naturaleza inorgánica al de la reparticion de los séres vivientes en la superficie del globo, es decir, á la *geografía de las plantas y de los animales*.

Sin querer suscitar aquí nuevos debates sobre las diferencias que separa la vida vegetativa de la vida animal, haremos notar desde luego que si la naturaleza hubiera dado

el poder del microscopio á nuestros ojos, y una trasparencia perfecta á los tegumentos de las plantas, el reino vegetal estaria lejos de ofrecer el aspecto de inmovilidad que nos parece ser uno de sus atributos. En el interior, el tejido celular de los órganos está incesantemente recorrido y vivificado por las mas diversas corrientes. Tales son las corrientes de rotacion que montan y descienden, ramificándose y cambiando á cada paso de direccion; se observa en las plantas acuáticas (las náyades, las caráceas, las hydrocharideas), y en las plantas terrestres phanerógamas. Tal es el hormigueo molecular, descubierto por el gran botánico Roberto Brown, y de que toda materia, con tal que esté reducida á un estado de division estrema, debe ciertamente presentar algunos vestigios. Tal es la corriente giratoria de los glóbulos del cambium (*cyclose*) en un sistema de vasos particulares. Indiquemos tambien los filamentos celulares que se articulan y se enrollan en hélice, en las antheliria del chara y en los órganos reproductores de las hepáticas y de las algas, filamentos singulares en que Mayen, que fué arrebatado demasiado temprano á las ciencias, creia hallar el análogo espermatozoarias de los animales. Añádanse á estas corrientes y á esta agitacion molecular, los fenómenos de la endosmosa, de la nutricion y del crecimiento de los vegetales, así como las corrientes formadas por los gases interiores, y se tendrá una idea de las fuerzas que obran, casi sin que lo sepamos, en la vida tan pacífica en apariencia de los vegetales.

Despues de la época en que describí en los *Cuadros de la Naturaleza*, la universal difusion de la vida sobre la superficie del globo, y la distribucion de las formas orgánicas, ya en altura, ya en profundidad, ha hecho la ciencia admirables progresos en esta via. Debemos estos progresos á

los bellos descubrimientos de Ehrenberg «sobre la vida microscópica que reina en el Océano y en los hielos de las regiones polares,» y los debemos, nó á felices inducciones, sino á la observacion directa y al asíduo estudio de los hechos. Despues de aquella época, la esfera de la vida, ó mejor dicho, el horizonte de la vida, se ha ensanchado delante de nosotros: «Cerca de los dos polos, allí donde no podrian ya existir grandes organismos, reina tambien una vida infinitamente pequeña, casi invisible, pero incesante. Las formas microscópicas recojidas en los mares del polo austral, durante el viage del capitan James Ross, ofrecen una riqueza enteramente particular de organizaciones desconocidas hasta aquí y frecuentemente de una elegancia notable. En los residuos del derretimiento de los hielos que flotan en bloques redondos, por 78° 10′ de latitud, se han hallado más de cincuenta especies de polygástricos silíceos y coscinodiscos cuyos ovarios aun verdes probaban que habian vivido y luchado con éxito contra los rigores de un frio escesivo. La sonda ha sacado en el golfo del Erebus, desde 403 hasta 526 metros de profundidad, sesenta y ocho especies de polygástricos silíceos y de *phytolitharia*, acompañados de una sola especie de *polythalamia* con carapachos calcáreos.

De todas las formas microscópicas de que la observacion nos ha revelado hasta de presente la existencia en el Océano, los infusorios silíceos son infinitamente los mas abundantes, aunque el análisis químico no haya encontrado sílice entre los elementos esenciales del agua de mar (por otra parte, la sílice no podria existir en el agua sino en estado de simple mezcla ó de suspension). Y no es solamente en algunos puntos aislados; en los mares interiores ó cerca de las costas que el Océano está poblado de corpúsculos dota-

dos de vida ó invisibles á la simple vista, el fenómeno es general. Despues de las investigaciones que hizo Schayer cuando volvió de la tierra de Van-Diemen, sobre el agua sacada del mar, al sud del cabo de Buena-Esperanza (por 57° de latitud), y en medio de la zona tropical, en el Océano Atlántico, se puede considerar como demostrado que el mar, en su estado normal, en la ausencia de toda coloracion accidental, contiene innumerables organismos microscópicos enteramente distintos de los filamentos silíceos del género *chætoceros*, flotando en el estado fragmentario como los oscilatorios de nuestras aguas dulces. Algunos polygástricos que se han encontrado mezclados con arena y escrementos del pájaro niño en las islas Cockburn, parecian esparcidos por toda la tierra; otras especies pertenecen á las dos regiones polares.

Es, pues, la vida animal la que domina en la eterna noche de las profundidades oceánicas, mientras que la vida vegetal, estimulada por la accion periódica de los rayos solares, está mas ampliamente repartida en los continentes. La masa de los vegetales es incomparablemente mayor que la de los animales. Los grandes cetáceos y los pesados pachydermos reunidos formarian una masa insignificante al lado de los troncos de árboles gigantescos, de 3 á 4 metros de diámetro que ocupan una sola region arbolada de la América del sud, como la que se estiende entre el Orinoco, el rio de las Amazonas y el rio da Madeira. Si es cierto que el carácter de cada comarca depende á la vez de todos los detalles esteriores, si los contornos de las montañas, la fisonomía de las plantas y de los animales, el azul del cielo, la figura de las nubes, y la trasparencia de la atmósfera concurren á producir lo que se puede llamar la impresion total; es menester reconocer tambien que el adorno vegetal con

que se cubre el suelo es lo que principalmente determina esta impresion. Las formas animales no son aptas para producir los grandes efectos de un conjunto; por otra parte, los individuos mismos, en virtud de su movilidad propia, se ocultan muchas veces á nuestra vista. Al contrario, la creacion vegetal hiere la imaginacion por la amplitud de sus formas siempre presentes; aquí anuncia la masa la antigüedad, y, por un privilegio único, la antigüedad se ensalza á la espresion de una fuerza constantemente renovada. En el reino animal (esta última consideracion depende tambien de los descubrimientos de Ehrenber), son precisamente los animalejos microscópicos los que por su prodijiosa fecundidad, ocupan y llenan las mas grandes estensiones. Los mas pequeños infusorios, los monadinos, cuyo diámetro no escede de $^{1}/_{1800}$ parte de un milímetro, forman capas vivas de muchos metros de espesor bajo el suelo de las regiones húmedas.

Cada zona posee el don de presentarnos, bajo una faz particular, la difusion de la vida en la superficie del globo; pero en ninguna parte es tan poderosa la impresion que recibimos, como bajo el ecuador, en aquella patria de las palmeras, de los bambús, de los helechos arborescentes, donde, desde las orillas de un mar lleno de moluscos y de corales, se eleva el suelo hasta la region de las nieves eternas. Los séres vivientes, en su distribucion general, no estan detenidos por la altura ni por la profundidad; descienden al interior de la tierra, á favor de las grandes escavaciones y de las zanjas practicadas por el minero; y hasta se introducen en las cavernas naturales cerradas por todas partes, donde las aguas meteóricas son las únicas que parece tienen acceso. Abierta una de estas cavernas por la explosion de la pólvora, he hallado las paredes cubiertas de estaláctitas

blancas como la nieve, sobre las cuales una *usnea* habia diseñado sus delicadas redecillas. Las podurelas se introducen en los pozos de las neveras del Mont-Rosa, del Grindelwald y del Aar superior; la *chionæa araneoides* descrita por Dalman, la *discerea nivalis* microscópica (llamada en otro tiempo *protococcus*) viven en las nieves polares como en las de nuestras altas montañas. El color rojo que toma la nieve antigua lo habia notado yá Aristóteles, sin duda en los montes de la Macedonia. En las altas cimas de los Alpes suizos, unas pocas *lecidea*, *parmelia* y umbilicaria apenas dan color á las rocas despojadas de nieve, al paso que se ven hermosos fanerógamos, el *culcitium rufescens* lanudo, la *sida pichinchensis*, la *saxifraga Boussingaulti*, florecer aisladamente en los Andes tropicales, á 4550 y aun á 4680 metros sobre el nivel del mar. Los nacimientos thermales contienen pequeños insectos (*hydroporus thermalis*), galionelas, oscilarias y confervas; sus aguas alimentan la hebrilla de las raices de vegetales phanerógamos. Pero la vida no se desenvuelve solamente sobre la tierra, en el agua y en el aire: invade tambien hasta las mas variadas partes internas de los animales. Hay animalillos en la sangre de la rana y en la del salmon. Segun Nordmann, los humores del ojo de los pescados están muchas veces llenos de una especie de gusanos armados de chupadores (*diplostomum*). El mismo naturalista ha descubierto, en los oidos de la brema, un singular animalillo doble (*diplozoon paradoxon*), provisto de dos cabezas y de dos estremidades caudales, de suerte que su desarrollo completo se opera en dos direcciones cruzadas.

Aunque la existencia de los pretendidos infusorios meteóricos nó sea yá objeto de duda, dejará de admitirse, sin embargo, que infusorios ordinarios pueden ser arrebatados

pasivamente, por los vapores ascendentes, hasta las altas regiones del aire, de modo que floten algun tiempo en la atmósfera y vuelvan á caer en seguida al suelo como el polen animal de los pinos. Esta consideracion es capital para la antigua disputa de la *generacion espontánea*; merece tanto mas apreciarse, como que puede apoyarse en un descubrimiento de Ehremberg de que ya he hablado. Los navegantes encuentran frecuentemente, á la altura de las islas del cabo Verde, y aun á 380 millas marinas de la costa de Africa, una lluvia de polvo fino que empaña la trasparencia del aire, del mismo modo que lo haria una niebla: luego este polvo contiene los restos de dieziocho especies de infusorios polygástricos de carapachos silíceos.

La geografía de las plantas y de los animales puede considerarse bajo el punto de vista de la variedad y del número relativo de las formas típicas; entonces investiga el modo de distribucion en el espacio de los géneros y de las especies. Tambien puede estudiarse con relacion al número de los individuos de que cada especie se compone sobre una superficie dada. Bajo este último punto de vista, es esencial distinguir, para las plantas, como para los animales, entre la vida aislada y la vida social. Las especies á que he dado el nombre de *plantas sociales*, cubren uniformemente grandes estensiones; á estas especies pertenecen un gran número de plantas marinas, las cladonias y los musgos que crecen en las estepas del Asia setentrional; los céspedes y las cacteas que crecen reunidas como los tubos de un órgano: la avicenia y los mangles en las regiones tropicales; los bosques de coníferos y de abedules en el litoral del Báltico y en las llanuras de la Siberia. Este modo especial de distribucion geográfica, unido al porte de los vegetales, á su grandor, á la forma de las hojas y de las flores, constituye

el rasgo principal del carácter de una comarca. La vida animal, á pesar de su variedad y su aptitud para inspirarnos sentimientos de simpatía ó de aversion, es, lo repetimos, de un aspecto demasiado móvil y muy difícil de retener para influir poderosamente sobre la fisonomía de un pais, y queda casi estraña. Los pueblos agricultores acrecentan artificialmente el dominio de las plantas sociales; atribuyendo así el aspecto de una naturaleza uniforme á regiones enteras de las zonas templadas y de la zona boreal; por sus trabajos, hacen desaparecer las plantas salvages, y propagan otras ignorándolo, porque ciertas plantas siguen al hombre hasta en sus emigraciones lejanas. La zona tropical resiste con mas energía estos esfuerzos que tienden imperiosamente á modificar el órden establecido en la creacion.

La idea de una distribucion regular de las formas vegetales, debió naturalmente presentarse á los primeros viageros que pudieron recorrer rápidamente vastas regiones y subir á las montañas donde los climas se hallan superpuestos como por escalones. Tales fueron, en efecto, los primeros ensayos de una ciencia cuyo nombre mismo estaba por crear. Las zonas ó regiones vegetales que el cardenal Bembo habia distinguido en su juventud sobre los costados del Etna, las halló Tournefort sobre el monte Ararat. Mas tarde, comparó Tournefort la flora de los Alpes con las de las llanuras situadas bajo diferentes latitudes; demostró como la distribucion de los vegetales está reglada por la altura del suelo sobre el nivel del mar, ó por la distancia al polo, cuando se trata de las llanuras. Menzel, en una flora inédita del Japon, emite por casualidad el nombre de *Geografía de las plantas*. El mismo nombre se halla tambien en los *Estudios de la Naturaleza*, de Bernardino

de Saint-Pierre, obra de imaginacion, es verdad, pero de una imaginacion viva y brillante. Esto era muy poco: para que la geografía de las plantas tomase rango entre las ciencias, era menester que la doctrina de la distribucion geográfica del calor fuese fundada y que pudiera aproximarse á la de los vegetales; faltaba tambien que una clasificacion por *familias naturales* permitiese distinguir las formas que se multiplican, de las que se hacen mas raras, á medida que se adelanta del ecuador hácia los polos, y fijar las relaciones numéricas que cada familia presenta en cada comarca, con la masa entera de los phanerógamos de la misma region. Cuento en el número de las circunstancias mas felices de mi vida, que en la época en que mis miras estaban especialmente fijas en la botánica, hayan podido abrazar mis investigaciones al mismo tiempo los elementos esenciales de una nueva ciencia, y que hayan sido tan poderosamente favorecidas por el aspecto de una naturaleza grandiosa donde todos los contrastes climatológicos se hallan reunidos.

La distribucion geográfica de los animales, sobre la cual ha emitido Buffon, antes que nadie, miras generales casi siempre exactas, ha sido estudiada de una manera mas completa, en estos últimos tiempos, gracias á los progresos recientes de la geografía de las plantas. Las curvaturas de las lineas isothermas, de las lineas isochimenas especialmente, se manifiestan hácia los límites que ciertas especies vegetales y ciertos animales de moradas fijas, traspasan muy rara vez, sea hácia los polos, sea hácia la cumbre de las montañas cubiertas de nieve. Así el alce vive en la península Escandinava, bajo una latitud mas boreal de 10° que en el interior de la Siberia, donde las líneas de igual temperatura media del invierno afectan una forma cóncava tan

palpable. Las plantas emigran en gérmen: las simientes de especies numerosas estan provistas de órganos particulares que les permiten viajar, á través de la atmósfera; la simiente una vez fijada pertenece ya al dominio del suelo y del aire ambiente. Los animales, al contrario estienden á su arbitrio el círculo de sus emigraciones, del ecuador á los polos; pero le estienden, sobre todo, del lado en que las líneas isothermas se encorvan, y donde los estíos cálidos suceden á los inviernos rigorosos. El tigre real, por ejemplo, enteramente idéntico al de la India Oriental, hace en cada estio incursiones en el norte del Asia, hasta bajo las latitudes de Berlin y de Hamburgo. Este hecho se há demostrado en otra obra por M. Ehremberg y por mí.

Por todo lo que en mis viajes he visto de la tierra, la asociacion de las especies vegetales, designada comunmente con el nombre de *Flora*, no me parece que manifiesta el predominio de ciertas familias, de un modo que permita asignar geográficamente la region de las umbelíferas, la region de las solidagíneas y la de las labiáceas ó de las escitamíneas. Mis ideas particulares difieren, en este punto, de las de muchos amigos mios, botánicos distinguidos de la Alemania. Lo que caracteriza, en mi concepto, las flores del llano de Méjico, de la Nueva Granada y de Quito, las de la Rusia Europea y del Asia setentrional, no es la superioridad numérica de las especies cuya reunion constituye una ó dos familias; son las relaciones muy distintamente complexas que nacen de la coexistencia de un gran número de familias, y de la cantidad relativa de sus especies. Sin duda las gramíneas y las cyperácias predominan en los prados y en las estepas, enteramente como los árboles de raices pivotantes, los cupulíferos y las betuláceas reinan en nuestros bosques del Norte. Pero este predominio de ciertas

formas es puramente en apariencia; es una decepcion producida por el aspecto particular á las plantas sociales. El norte de la Europa y la zona siberiana, situada al norte del Altai, no merecen ya el título de regiones de las gramineas y de los coníferos, como los inmensos Llanos (entre el Orinoco y la cadena de Caracas) y los pinares de Méjico. Por la asociacion de las formas vegetales, que en parte pueden remplazarse una á otra, por su importancia numérica relativa y su modo de agrupamiento, la naturaleza vegetal se reviste á nuestros ojos del carácter de variedad y de riqueza, ó del de la pobreza y la uniformidad.

Despues de haber tomado la celdilla simple, esta primera manifestacion de la vida, por punto de partida de estas rápidas consideraciones, sobre los fenómenos de la organizacion, he debido remontar á formas mas y mas elevadas en la série ascendente de los séres. «Algunas granulaciones mucilaginosas producen, acrecentándose (por juxta posicion,) un *cytoblasto* de figuras determinado, al rededor del cual viene á formarse mas tarde un saco membranoso y constituir definitivamente la celdilla cerrada y aislada.» Este primer trabajo de la organizacion puede haber sido provocado por la produccion anterior de otra celdilla ya formada ó bien la evolucion original de la celdilla está escondida en la oscuridad de una reaccion química análoga á la fermentacion que engendra los filamentos byssoides de la levadura. Pero limitémonos á tocar ligeramente el misterio por el cual aparece la vida sobre la tierra: la geografía de los séres organizados no trata mas que de los gérmenes ya desarrollados; determina la patria que adoptan y las regiones á que son conducidos por influencias esteriores; investiga sus relaciones numéricas; en una palabra, se limita á describir su distribucion general en la superficie del globo.

ERRATAS,

Pág.ª	Lín.	Dice.	Léase.
9	29	Orsa	*Osa*
13	1	Ato-Indus	*Alto-Indus*
68	29	sentadas por	*sentadas para*
86	20	sobre el plan	*sobre el plano*
105	7	anales chinescos	*anales chinos*
110	13	como á 405 mil metros	*como á 4 ó 5 mil metros*
117	19	unas veces raras y aisladas.	*unas veces ralas y aisladas*
273	27	maniferos	*mamíferos*
308	13	bondesc	*bonduc*
310	26	cruzaban	*creeen*
311	3	plygástricos	*polygástricos*
311	5	peridimium	*peridinium*

BIOGRAFÍA

DE

M. ALEJANDRO DE HUMBOLDT (1).

Les siècles dans lesquels se révèle la vivacité du mouvement intellectuel offrent le caractère distinctif d'une tendance invariable vers un but déterminé : c'est l'active énergie de cette tendance qui leur imprime de la grandeur et de l'éclat.
Examen critique de l' Histoire de la Geographie du nouveau Continent. (Introduccion.)

Estas palabras que M. de Humboldt aplica al siglo XV, pueden aplicarse tambien al XIX. Entre todas las tendencias intelectuales que se disputan nuestra época, hay una que domina y abraza en cierto modo á las demás, y por la cual este siglo, inferior tal vez al pasado en algunos puntos, parece llamado á manifestar el poder del espíritu humano en proporciones desconocidas á las edades precedentes.

Esta tendencia, que creo formará á los ojos del porvenir el carácter distintivo del tiempo presente, es la que con una energía siempre en aumento, empuja al género humano hácia el estudio práctico de las ciencias naturales. En ninguna época la nocion científica de la naturaleza y de sus productos tan variados, el estudio de sus leyes tan misteriosas, la aplicacion de sus fuerzas tan gigantescas, fueron proseguidas con un ardor tan estraordinario y resultados tan prodigiosos.

Aprovechando todos los trabajos, todos los descubrimientos de los siglos anteriores, aspira el nuestro á hacer marchar con un mismo paso todas las categorías de la ciencia, á unirlas en una sintesis poderosa de que se sirve como de una palanca para remover el mundo. Porque si es este tambien un fin determinado, no es precisamente un objeto especial el que sigue; no es como en el siglo XV, por

(1) Traducida de la *Galería de los contemporáneos ilustres.*

ejemplo, el descubrimiento de regiones desconocidas lo que presiente y prepara; es mejor que esto: es la sumision completa de la materia, es la esploracion, la esplotacion, la posesion del globo entero; es en cierto modo el anonadamiento del espacio y del tiempo, la dominacion de los aires, de la tierra y de las olas, lo que parece objeto de sus audaces esfuerzos. Jamás se tomó con mas seriedad la gran palabra de Colon á Isabel: *El mundo es poco.* En vano la naturaleza irritada se debate bajo el peso de este nuevo Titan; en vano lo abrasa con sus fuegos; en vano lo sumerge en sus aguas; en vano lo oprime entre sus poderosos brazos; ella anonada á los hombres, pero el hombre se le escapa siempre, y cada vez con mas ardor, mas infatigable, mas obstinado, sacando nuevas fuerzas de una lucha eterna, el espíritu humano se encarniza siempre en su gran presa.

En épocas de una actividad científica tan pronunciada y cuyos esfuerzos tan variados se dirijen á un fin tan grande, se necesitan vastos talentos para abrazar de un golpe de vista todo el conjunto del movimiento, coordinar, comparar, fecundar los resultados obtenidos y obrar sucesivamente sobre cada punto con una fuerza propia aumentada con las fuerzas de todos. La ciencia contemporánea cuenta muchos de estos hombres universales, de estas cabezas enciclopédicas de la familia de los Cuvier, y M. Alejandro de Humboldt es sin contradiccion una de las organizaciones de este género mas estraordinarias de que puede gloriarse nuestro siglo. Si tal vez no tiene toda la profundidad y todo el poder del genio de Cuvier, tiene toda la fecundidad, toda la variedad y toda la estension.

Es difícil enumerar todo lo que es M. de Humboldt, y aun mas difícil esplicar lo que no es. Ciertamente no podré decir qué parte de los conocimientos humanos es estraña á las investigaciones del ilustre sábio prusiano: geógrafo, geólogo, físico, químico, astrónomo, botánico, filósofo, moralista, economista, hombre de estado si la necesidad lo exije, hombre de mundo siempre, aun poeta, porque ha escrito dos volúmenes de prosa puramente descriptiva, en que brilla un sentimiento poético de los mas notables; conociendo como su propia morada nuestro pequeño planeta, habiéndolo estudiado y esplorado en todos sentidos, por

arriba y por abajo, de levante á poniente, del ecuador á los polos, en sus cavernas mas profundas y sobre sus mas altas montañas, en sus mas terribles volcanes y sobre sus mas borrascosos mares, en sus innumerables productos del reino mineral, vegetal y animal, en sus habitantes de todas las especies y de todos los colores, en la historia, las costumbres, la organizacion social y política de estos mismos habitantes; poseyendo además un conocimiento tan estenso de los fenómenos del cielo como de los de la tierra; no teniendo su igual para determinar una longitud y una latitud, observar, describir una estrella, un eclipse, un cometa, y abrazar en su conjunto el movimiento general de los astros; capaz de salir de un apuro enteramente solo en una barca en medio del océano con una vela, un timon, una brújula y un telescopio; en una palabra, sabiendo de *memoria* su zodiaco. su globo terrestre y sus moradores, cuyas lenguas todas le son familiares (1). M. Alejandro de Humboldt ha tenido tiempo tambien para hacer entrar en su prodigiosa inteligencia todas las facultades que constituyen un Chambellan ó sea gentil-hombre perfecto: la ciencia del mundo, de los salones, de las intrigas, de las materias políticas, diplomáticas, etc. Sobre este punto M. de Humboldt podia dar lecciones á la cortesana mas verbosa, mas viva, mas cáustica y mas mordaz. Su conversacion célebre es tan temida por los ausentes como anhelada por los que lo escuchan. Saliendo de hablar con él un escritor y previendo sin duda la suerte que le esperaba, se le ocurrió esta oportuna frase: «M. de Humboldt tiene la costumbre de no perdonar mas que á la persona á quien habla. Cuando se le escucha se desea mas oirlo, y tiembla el que lo deja (2).»

No teniendo tiempo ni lugar, ni el saber necesario para dar aquí una apreciacion dogmática y detallada de todos los trabajos del ilustre sábio, me contentaré con enumerarlos sucintamente lo mejor que me sea posible por su órden cronológico.

Federico Enrique Alejandro, baron de Humboldt, des-

(1) A este título podemos casi reclamar á M. de Humboldt como una de nuestras glorias, porque en nuestra lengua ha escrito la mayor parte de sus obras con una facilidad y una distincion de estilo admirables en un estranjero.

(2) Lerminier. *Al lado de allá del Rhin*, tomo 2, páj. 20.

cendiente de una familia rica y distinguida de Prusia, pertenece todavia á ese famoso y productivo año con que tantas veces nos hemos encontrado. Nació en Berlin el 14 de setiembre de 1769; es hermano segundo del baron Cárlos Guillermo de Humboldt, muerto en abril de 1835, despues de haber inscrito su nombre en la historia como filólogo, por sus eruditas investigaciones sobre la lengua y la poesía de los griegos, su traduccion de Pindaro, la del *Agamemnon* de Eschyla, sus *Investigaciones sobre los habitantes primitivos de la España por medio de la lengua vasca; su carta á M. Abel de Remusat sobre la naturaleza de las formas gramaticales en general y sobre el genio de la lengua china en particular*, pero sobre todo como hombre de estado por su cooperacion activa en todos los grandes negocios de su pais y de su tiempo, ya á título de embajador prusiano cuando el imperio, ya mas tarde despues de la caida de Napoleon, á título de ministro del interior y de instruccion pública en Prusia.

Los dos hermanos recibieron una educacion brillante. El jóven Alejandro, de quien me he de ocupar aquí mas particularmente, fué confiado por su padre á los cuidados de un sábio distinguido, M. Kunth, en cuyo poder manifestó desde muy temprano una inteligencia precoz y rara. Frecuentó sucesivamente las universidades de Berlin, de Gotinga y de Francfort-sur-l'Oder; tambien estudió durante algun tiempo en la escuela especial de comercio de Busching, establecida en Hamburgo. Acabados sus estudios universitarios, deseaba su familia inclinarlo á la carrera de los empleos públicos, pero sus inclinaciones eran otras; era apasionado á las ciencias, especialmente á la física y á la historia natural; no tardó en clasificar en su cabeza todas las nomenclaturas en que se hallaban distribuidos los conocimientos adquiridos, y entonces se sintió poseido de un ardiente deseo de estudiar la naturaleza en su gran libro.

«Habia esperimentado, dice él mismo, desde mi primera juventud el deseo ardiente de un viage á regiones lejanas y poco visitadas por los europeos. Este deseo caracteriza una época de nuestra existencia en que la vida nos parece como un horizonte sin límites, en que nada tiene mas atractivos para nosotros que las fuertes agitaciones del alma y la imágen de los riesgos físicos. Educado en un pais que no man-

tiene ninguna comunicacion directa con las colonias de las dos Indias; habitando en seguida montañas apartadas de las costas, sentí que progresivamente se desarrollaba en mí una viva pasion por el mar y por largas navegaciones. La aficion á las herborizaciones, el estudio de la geología, un curso rápido seguido en Holanda, en Inglaterra y en Francia con un hombre célebre, M. Jorge Forster, que habia tenido la suerte de acompañar al capitan Cook en su segunda navegacion al rededor del globo, contribuyeron á dar una direccion determinada á los planes de viages que habia yo formado á la edad de dieziocho años. Este no era ya el deseo de la agitacion y de la vida errante; era el de ver de cerca una naturaleza salvage, magestuosa y variada en sus producciones; era la esperanza de investigar algunos hechos útiles á las ciencias, que llamaban sin cesar mis deseos hácia esas bellas regiones situadas bajo la zona tórrida. No permitiéndome mi posicion individual ejecutar entonces proyectos que tan vivamente ocupaban mi espíritu, tuve lugar de prepararme durante seis años para las observaciones que debia hacer en el nuevo continente, y de visitar diferentes partes de la Europa (1).»

Durante estos seis años de preparacion, á consecuencia del viage emprendido con Forster, publicó el jóven Humboldt, á los veintiseis años, su primera obra con el título de *Observaciones sobre los basaltos del Rhin* (1790). Este libro, apreciado en el mundo docto, no hizo mas que escitar en su autor el gusto á estudios mas estensos y mas profundos. Con este objeto fué á la célebre escuela de las minas de Freyberg que dirijia entonces el sábio mineralogista Werner. Enterrado por espacio de dos años en esas vastas galerías subterráneas que el poeta Kœrner cantó despues, M. de Humboldt, estudiando siempre los fósiles, tuvo la idea nueva y feliz de someter á la observacion de su espíritu, á la vez analítico y generalizador, la vegetacion que se opera en las cavidades donde no penetra la luz del dia, y este estudio tuvo por resultado una segunda obra publicada en 1793, en latin, bajo el título de *Specimen Floræ subterraneæ Freibergensis* (Flora subterránea de Freyberg), que hizo mucha mas sensacion que la primera, porque aclaraba una parte curiosa de la botánica en la cual

(1) *Voyage aux régions équinoxiales du nouveau Continent.*

aun no habian parado su atencion los sábios. A consecuencia de esta obra fué nombrado M. de Humboldt sucesivamente asesor en el consejo de minas de Berlin y despues director general de las de los principados de Anspach y de Bayreuth. Al cabo de dos años conociendo que su empleo le impedia entregarse á su creciente ardor por el estudio de las ciencias lo renunció.

Galvani acababa de enriquecer al mundo con su bello descubrimiento de la electricidad por contacto; uno de los primeros que se apasionaron al estudio de estos fenómenos disputados entonces fué M. de Humboldt; no contento con repetir las esperiencias del inventor, hizo otras nuevas, y para mayor certeza practicó el esperimento sobre sí mismo con tal energía que se deterioró el sistema nervioso y adquirió contracciones nerviosas en los miembros, de que aun hoy se resiente. Entonces publicó en aleman, en 1796, sus esperiencias *sobre el galvanismo, y en general sobre la irritacion nerviosa y muscular de los animales.* El primer volúmen de esta obra enriquecido con notas por el erudito Blumenbach, se ha traducido en francés. En esta misma época seguia en Jena con ardor M. Humboldt las lecciones de anatomía práctica del célebre Loder.

Cuando se creyó con fondo suficiente de conocimientos teóricos, quiso prepararse al gran viage que proyectaba, esplorando minuciosamente la Italia, que visitó dos veces, la Sicilia y la Suiza, cuyos fenómenos geológicos examinó de cerca. Hizo en seguida, en 1797, una larga mansion en Viena, donde le fueron de grande utilidad para sus estudios preparatorios soberbias colecciones de plantas exóticas; recorrió con un entendido geólogo, M. Leopoldo de Buch, los cantones montañosos y agrestes del pais de Saltzbourg y de la Styria, y estaba á punto de pasar los Alpes del Tirol cuando la guerra que se enconaba entonces en Italia lo forzó á retrogradar.

Hácia esta época habiéndole propuesto un personage eminente un viage al alto Egipto aceptó la proposicion, y ya habia dado á sus estudios una direccion conforme á este nuevo plan, cuando la espedicion de Bonaparte lo hizo abortar.

Entonces fué á Paris M. de Humboldt (1), donde sus

(1) M. de Humboldt habia hecho ya un viage á Paris en 90; me parece

tendencias, sus relaciones de amistad y de estudios debian atraerlo mas tarde con frecuencia. Habiendo sabido que el gobierno francés preparaba una grande espedicion de circunnavegacion al mando del capitan Baudin, solicitó permiso para formar parte de ella. Habíalo obtenido, cuando la guerra que de repente se encendió de nuevo en Alemania y en Italia determinó al gobierno á aplazar esta espedicion.

Cruelmente engañado en sus esperanzas y deseoso mas que nunca de realizarlas, resolvió M. de Humboldt emprender á sus espensas el viage al Nuevo Mundo, en compañía de un jóven botánico francés con el cual se habia unido en Paris con una estrecha amistad. M. Aimé Bonpland, tan conocido despues por su largo cautiverio en poder del dictador del Paraguay el famoso doctor Francia. Con este objeto vino á España, solicitó una audiencia del Rey, espuso su proyecto y obtuvo pasaporte con una carta de recomendacion para las autoridades del Nuevo Mundo: provisto de buenos instrumentos de física y de astronomía se embarcó el 5 de junio de 1779, con su amigo, y llegó el 19 de junio á las islas Canarias, despues de haber estado muchas veces en peligro de ser cojido por buques ingleses y conducido á Europa.

Aquí empieza esta escursion de cinco años y de nueve mil leguas, atravesando la parte menos conocida del Nuevo Mundo, escursion en que M. de Humboldt, en cierto modo, volvió á empezar y completó el descubrimiento de Cristobal Colon, trayendo á Europa un estado de situacion completo de la América, al punto de vista de la topografía, de la física, de la geologia, de la botánica, de la astronomía, de la zoologia y del estado moral, social y político de las poblaciones.

Citando al lector la bella coleccion que fué el fruto de este viage, debo limitarme á bosquejar la marcha de los dos viageros (1). Despues de una corta estancia en las Canarias, durante la cual escalaron el pico de Tenerife para

haberle oido contar que lo forzaron á trabajar en el campo de Marte para la ceremonia de la federacion; se prestó al fin de buena voluntad, siendo entonces, si no me engaño, acérrimo constitucional, y envió á Alemania piedras de la Bastilla á manera de reliquias.

(1) Sirviéndome de la obra de M. de Humboldt aprovecho tambien para este resúmen un artículo aleman del *Conversations Lexicon* y un artículo de la coleccion publicada por MM. Rabbe y Boisjolin.

esplorar el interior y el esterior del volcan, M. de Humboldt y su compañero fueron á Cumaná, en la América del Sud; consagraron muchos meses á visitar la costa de Paria, las misiones de los indios Chaymas, las provincias de la Nueva-Andalucía, de la Nueva-Barcelona, de Venezuela y la Guayana española. Despues de haber recojido una abundante cosecha de tesoros en botánica y determinado una porcion de posiciones geográficas y astronómicas, se dirijieron los viageros, en febrero de 1800, desde Caracas hácia los valles de Aragua. Llegados á las costas del mar de las Antillas, marcharon de Puerto Cabello hasta el Ecuador al través de las vastas llanuras de Calabozo, de Apura y de los Llanos; en san Fernando de Apura subieron en canoa y volvieron por el Orinoco hácia Barcelona y Cumaná atravesando las misiones de los indios Caribes. Pasaron allí algunos meses y se fueron en seguida á la Jamaica y á Cuba. Lo que los determinaba á dar esta direccion á su viage era la fatal noticia trasmitida por los diarios americanos, de que la espedicion aplazada del capitan Baudin habia salido del Havre para dar vuelta al globo del este al oeste. Con objeto de encontrarla ya en Chile, ya en Lima, ó en cualquiera otro punto de las colonias españolas, fletaron los viajeros una pequeña embarcacion para ir desde Batabanó, en la isla de Cuba, á Porto-Bello, y de allí atravesando el istmo de Panamá á las costas del mar del Sud. En Quito, donde arribaron despues de cinco meses de peligros y de fatigas de toda especie, recibieron una carta de M. Delambre, secretario perpetuo de la primera clase del Instituto, diciéndoles que el capitan Baudin tomaba la ruta del cabo de Buena Esperanza sin tocar á las costas orientales ni occidentales de la América. Así un error de periodista dió lugar á que hicieran en la estacion de las lluvias por medio de regiones espantosas, un camino de mas de ochocientas leguas en un pais que no tenian intencion de recorrer.

Por último, en enero de 1802 entraron exhaustos en Quito, donde fueron recibidos con la mas noble hospitalidad casa del marqués de Salva-Alegre. Consagraron muchos meses en reponerse de sus fatigas, esplorando la provincia de Quito, tan notable por sus montañas colosales, sus volcanes, su vegetacion, sus monumentos antiguos y,

las costumbres de los indígenas. Dos veces descendieron al cráter del volcan de Pichincha y treparon las cimas nevadas del Antisana y del Cotopaxi. En fin, se decidieron á probar la ascension del pico mas elevado del Nuevo Mundo, del formidable é inabordado Chimborazo. Inflamado por su audacia el jóven hijo del marqués de Salva-Alegre, quiso asociarse á la empresa. Despues de increibles esfuerzos y de inauditas fatigas, treparon los tres viageros hasta el punto llamado *el Nevado del Chimborazo*; desde allí percibian delante de ellos el pico famoso, el rey de estos montes gigantes. Esta vista reanimó su espíritu; entorpecidos por el frio, privados de la necesaria cantidad de aire para la respiracion, rodeados de hielos eternos sobre los cuales el menor paso en vago podia hacerlos rodar á espantosos abismos, marcharon siempre subiendo, cuando de repente una ancha y profunda grieta se abre delante de ellos. Se detuvieron desesperados; pero viendo á su izquierda una enorme mole de pórfiro que se proyecta á lo lejos sobre los montes inferiores y forma el pico oriental mas elevado, la escalaron trabajosamente, y el 23 de junio de 1802 se establecieron casi exanimes con sus instrumentos á 19,500 piés sobre el nivel del mar, á 3,485 piés sobre el punto á que habia llegado en 1745 el célebre La Condamine, en fin á una altura á que ningun hombre se habia elevado hasta entonces. Dirijieron desde allí sus instrumentos hácia la inabordable cima situada al occidente, y este pico gigantesco, objeto de sus vanos esfuerzos, los dominaba todavía 2,140 piés. Sin embargo el aire habia perdido la mitad de su densidad ordinaria; apenas recibian los pulmones á cada inspiracion lo que era necesario para retener la vitalidad pronta á escaparse; la sangre saltaba de sus ojos, de sus lábios, de sus encias. Despues de haber escrupulosamente completado sus cálculos, se vieron forzados los tres esploradores á dejar aquellas regiones mortales.

De vuelta á Quito se dirijieron hácia el rio de las Amazonas, descendiendo al Perú por la espalda de los Andes, y llegaron á Lima; separándose allí del marqués de Salva-Alegre, MM. de Humboldt y Bonpland partieron para Méjico adonde esploraron en todos sentidos y bajo todas relaciones la patria de Motezuma, ordenaron sus inmensas co-

lecciones, volvieron á la Habana, pasaron de esta isla á Filadelfia, visitaron la América septentrional, y por último despues de cinco años de ausencia tocaron en el Havre de Gracia en fin de 1804, trayendo á Europa el fruto precioso de sus magníficos trabajos.

La vasta coleccion que encierra todas estas riquezas se compone de siete partes sucesivamente publicadas por M. de Humboldt.

La primera se compone de la relacion histórica del viage, con un atlas geográfico, geológico y físico; la segunda está intitulada *Atlas pintoresco ó vistas de las cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas del nuevo continente*; la tercera *Zoología ó anatomía comparada*; la cuarta *Ensayo político sobre la Nueva España*. Esta última obra ofrece en seis divisiones consideraciones sobre la estension y el aspecto físico de Méjico, sobre la poblacion, las costumbres de los habitantes, su antigua civilizacion; abraza á la vez la agricultura, las riquezas minerales, las manufacturas, el comercio, la hacienda y la defensa militar de estas comarcas.

La quinta parte de la coleccion intitulada *Astronomía ó coleccion de observaciones astronómicas*, comprende todas las observaciones hechas por M. de Humboldt desde el 12 grado de latitud austral hasta el 41 grado de latitud boreal, y además un cuadro de cerca de setecientas posiciones geográficas, de las cuales doscientas treinta y cinco han sido determinadas por primera vez por M. de Humboldt.

La sesta parte intitulada *Física general y geografía de las plantas*, creo que no ha sido publicada completamente sino en parte, bajo el título de *Ensayo sobre la geografía de las plantas*. En este ensayo ha reunido M. de Humboldt los elementos de una ciencia nueva, la *geografía botánica*: cada region del imperio vegetal se halla dividida y clasificada por leyes fijas, basadas en la comparacion de los fenómenos que presenta la vegetacion en los dos continentes.

La sétima, en fin, comprendiendo muchas subdivisiones bajo el título general de botánica, y publicada por M. Bonpland, juntamente con MM. de Humboldt y Kunth, encierra mas de seis mil especies de plantas nuevas con que los dos viageros han enriquecido el campo de la botánica.

La coordinacion, la redaccion y la publicacion de todos

estos materiales ha retenido á M. de Humboldt en Paris durante una gran parte de su vida. Unido por amistad con todos nuestros sábios, y especialmente con MM. Arago y Gay-Lussac, emprendió con este último un nuevo viage científico á Italia; hicieron tambien en comun un gran número de esperiencias magnéticas, y comprobaron la teoría de M. Biot sobre la posicion del ecuador magnético. En 1817 presentó M. de Humboldt á la Academia de las Ciencias una preciosa carta sobre el curso del Orinoco; en 1818 fué á Londres, donde lo llamaban los plenipotenciarios de las potencias para oir su opinion sobre el estado político de los pueblos de la América del Sud. Por aquel mismo tiempo habia formado un proyecto de viage hácia la India oriental y el Thibet, para el cual el rey de Prusia le ofreció en Aix-la Chapelle un subsidio anual de 12,000 thalers, pero el proyecto no tuvo efecto. Volvió á Paris, donde publicó en 1822 su *Ensayo geognóstico sobre el yacimiento de las rocas en los dos hemisferios*. En el mismo año, cuando el congreso de Verona, el difunto rey de Prusia, que lo estimaba apasionadamente, quiso visitar la Italia bajo su direccion. En 1826, cediendo á las instancias vehementes de sus compatriotas, fué de Paris á Berlin, donde dió durante el invierno de 1827, lecciones sobre la geografía física del globo, seguidas por un inmenso concurso de oyentes, y que debió repetir en otro local, para el rey, la familia real y el cuerpo diplomático. En 1828 hizo numerosas esperiencias sobre la temperatura del aire en las minas de Prusia.

En fin, á principios de 1829, á los sesenta años, poseido de un nuevo ardor, emprendió bajo los auspicios del gobierno ruso un gran viage digno del primero. Acompañado de MM. Rose y Ehrenberg, se dirigió á la Siberia y al mar Caspio, atravesó el Oural, visitó sucesivamente á Tobolsk, el pais de los Mongoles, las estepas de los Kirghiz, de los Kalmukos y Astrakan; volvió, por el territorio de los Cosacos del Don, á Moscou, y de allí á Petersburgo, el 13 de noviembre de 1829, despues de haber verificado en menos de un año una escursion de 2,142 leguas, cuyos resultados se han espuesto por él sumariamente en la obra publicada en Paris, en 1831, con el título de *Fragmentos de geología y de climatología asiática*. Esta obra debe,

dicen, ser acompañada de otra mas considerable que los viageros publican en comun, y cuyo primer volúmen ha aparecido en Berlin en aleman, bajo el título de *Viage al Oural*.

Sin hablar aquí de un gran número de memorias dirigidas al Instituto sobre diversas cuestiones, debemos detenernos en la última, que es una de las mas importantes obras de M. de Humboldt; esta es la publicada recientemente con el título de *Exámen crítico de la historia de la geografía del nuevo continente, y de los progresos de la astronomía náutica en los siglos XV y XVI*. En esta obra, que forma cuatro volúmenes, y está dedicada á M. Arago, el autor, sacando de los archivos españoles, y uniendo al estudio de nuevos documentos la crítica de la masa de documentos publicados hasta el dia, examina todas las causas que prepararon el descubrimiento del Nuevo Mundo. Despues de haber referido todas las tentativas aisladas que precedieron á este gran acontecimiento, lo espone con todos sus detalles, lo examina en todos sus resultados con relacion al movimiento general que imprimió al espiritu humano, y lo continúa hasta en sus mas lejanas consecuencias sobre la civilizacion de los pueblos del Occidente, elevados por él á una universalidad de accion que determina la preponderancia de su poder sobre el globo. En la erudita obra de M. de Humboldt, se nos presenta Colon, no ya como un genio de inspiracion, un profeta feliz, sino como un hombre tan grande por la razon como por la imaginacion, tan prudente como atrevido, tan hábil en la ejecucion de su obra, como poderoso en su concepcion, perteneciendo á su siglo por el lado de ciertos errores, de preocupaciones y de creencias, pero eminentemente superior á ese siglo por la penetracion, la sutileza estrema con que percibia los fenómenos del mundo esterior; tan notable observador de la naturaleza como intrépido navegante, y elevándose algunas veces con un arrojo admirable, y único en aquella época, del exámen de un hecho aislado al descubrimiento de las leyes generales que rigen el mundo físico. A él pertenece, sin duda alguna, segun M. de Humboldt, el descubrimiento importante de la declinacion magnética, y, la mas difícil todavía, de las variaciones que esperimenta esta declinacion cuando se pasa de un lugar á otro, descubrimientos de que sacó deducciones muy estensas y de una exactitud perfecta.

La obra tan notable de M. de Humboldt, lo seria mucho mas, á mi parecer, si el autor no hubiese adoptado una forma de composicion que hace la lectura algo cansada. Mucho tiempo hace que madama de Staël dijo con razon que los alemanes sabian pensar y escribir bien, pero que no sabian componer un libro. En su deseo de probar todo lo que dice M. de Humboldt no contento con intercalar en su obra numerosos apéndices, apenas escribe una línea, alguna vez una palabra, sin distraer la atencion del lector con una nota mas ó menos detallada por bajo de la página; si bien cada página frecuentemente está dividida por mitad entre el texto y una série de notas esplicativas y justificativas. Sea lo que quiera, esta hermosa obra es digna, tanto por la facilidad de la forma como por la importancia del fondo, del éxito que ha obtenido, no solamente en el mundo especial de los sábios, sino tambien entre todos los lectores que gustan de los trabajos sustanciales (1).

Ya hemos advertido que la ciencia no ha quitado nada á M. de Humboldt, en el hechizo de su lenguage, de sus maneras como hombre de mundo, ni de la delicadeza del espiritu; agreguemos ahora que tampoco le ha endurecido el corazon. A pesar de la causticidad proverbial del ilustre sábio, se citan de él mil rasgos de generosidad y de bondad que lo honran. Prusiano de nacimiento y por afecciones, pero cosmopolita por sus estudios, sus viages, sus facultades y sus inclinaciones, estraño á los odios y á las preocupaciones nacionales, se le ha visto, en graves circunstancias, usar útilmente de su alta influencia, ya en favor de su pais vencido y sometido á Napoleon, ya en favor de la Francia agoviada bajo la coalicion. Si damos crédito á un escritor (2), se debió sobre todo á su activa intervencion la conservacion del puente de Jena, amenazado por la brutalidad de Blücher; tambien se debió á sus instancias multiplicadas y á su crédito con el rey de Prusia, que no se llevára á efecto en Paris el proyecto formado por los reyes coligados, en 1815, de imponer á la ciudad una contribucion de

(1) Hemos hablado de una obra de prosa descriptiva que revela en el ilustre sábio prusiano todas las cualidades de un poeta. Esta obra publicada en aleman en 1808 con el título de *Cuadros de la Naturaleza*, ha sido traducida en francés por M. Eyries, á vista del autor. En esta série de Cuadros inspirados por el aspecto grandioso de la naturaleza en el Nuevo Mundo, hay páginas dignas de Chateaubriand.

(2) Rabbe.

guerra, apoderándose de los principales banqueros en rehenes hasta que se pagara. ¡Se creerá, añade el mismo escritor hablando de los numerosos beneficios que M. de Humboldt ha distribuido generosamente en derredor suyo; se creerá que el que debia tener tantos libros, tantas colecciones de minerales, tantos herbarios, tantos objetos de arte de un gran precio, que el que expende tantas y tan fuertes sumas para procurárselos, se creerá que este hombre no tiene en su poder ni libros, ni herbarios, ni minerales! Todo lo ha distribuido á sus amigos; y lo mismo ha hecho muchas veces con su moviliario; parece que M. de Humboldt no posee mas que lo que dá. En rebancha, todos los gabinetes, todos los laboratorios, todas las bibliotecas de Europa le estan abiertas. Cuando está en París, se encierra frecuentemente semanas enteras en casa de sus amigos, todos solícitos de recibirlo. Allí es donde ha ejecutado esos trabajos que requieren instrumentos ó aparatos científicos; lo que hizo creer por mucho tiempo que tenia varios domicilios en la ciudad. Fácil es imaginar, por su carácter, los cuidados y los pasos que le costó el socorrer á su amigo Bonpland, desde que supo su infortunio. Puso en movimiento á todos los gobiernos civilizados del antiguo mundo en favor del naturalista francés, pero no pudo conseguir el romper sus hierros (1).

No hay necesidad de decir que M. de Humboldt es miembro de todas las sociedades científicas y condecorado con todas las órdenes de la Europa. El Instituto de Francia lo cuenta en el número de sus mas ilustres y de sus mas celosos corresponsientes. M. de Humboldt es soltero; una bella dama de Paris le preguntó un dia si alguna vez se habia enamorado, y respondió que nunca habia amado mas que á la ciencia. No juraremos sin embargo que el ilustre sábio no le haya hecho alguna infidelidad.

Lo que gusta mas á M. de Humboldt, despues de la ciencia, es tal vez, la vida de Paris. Zahiere á veces la Francia, pero gusta mucho de ella, y frecuentemente la visita.

(1) Se sabe que despues de su vuelta á Europa con M. de Humboldt, M. Bonpland habiendo emprendido un nuevo viage á América, y habiéndose permitido penetrar en el territorio sagrado del doctor Francia, fuè cogido por este original dictador, que despues de haberlo guardado nueve años prisionero á pesar de las reclamaciones de todas las potencias europeas, le dió en fin libertad un dia de buen humor, en 1829. M. Bonpland ha muerto despues.

Fué el conductor, en 1830, de la adhesion oficial del rey de Prusia al gobierno de Julio, y estaba muy satisfecho de su mision. Paris ha vuelto á verlo muchas veces despues.

Mas arriba he dicho una palabra de la conversacion de M. de Humboldt, esto es raro y curioso, y merece describirse. Entrais en un salon y veis un viejo de mediana estatura, con la frente calva, rodeada de cabellos blancos; visto en su conjunto, su semblante venerable lleva el sello doble de la inteligencia y de la bondad. Sin embargo, aproximaos un poco, y examinad ese ojo brillante cuya mirada os llega tan sutilmente aguzada que pica en malignidad. El viejo no habla todavía ó su conversacion gira sobre los lugares comunes de la lluvia ó del buen tiempo. Pero la señora de la casa, que conoce á su hombre y quiere esplotarlo, toca un registro, con ayuda de una cuestion de viages, de política, astronomía ú otra; salta el chispazo inmediatamente; la palabra de M. de Humboldt sale como un rayo, y el rayo dura media hora, una hora, dos horas, segun las disposiciones del ilustre hablador. En general, dura lo menos media hora; pero, cosa rara, cuanto mas se prolonga el monólogo, mas se teme que concluya; es de un interés y de una variedad increibles; y si se encuentra allí un oyente hábil, sabiendo oportunamente cambiar el giro del discurso y de penetrar en alguna materia algo profunda, entonces encanta verdaderamente, y esperimenta el espíritu un goce siempre creciente en seguir las evoluciones inesperadas de esta palabra infatigable, que se pasea caprichosamente al través de todas las partes del mundo y de todos los asuntos imaginables, sembrando la ciencia por el camino, las miras políticas, las observaciones literarias ó artísticas mas originales, las descripciones mas curiosas, las relaciones mas fantásticas, las anécdotas mas picantes, los sarcasmos mas amargos, los chistes y las agudezas que hacen morir de risa.

Despues de haber hablado de geroglíficos, M. de Humboldt pasará de repente á los infortunios conyugales de M. A.; deja la cuestion de Oriente para tratar de los borrascosos amores de madama B.; abandonará la Siberia, descenderá del Chimborazo, atravesará el océano, ó saldrá de las minas del Freyberg para arrojarse bruscamente sobre alguna ridiculez del dia ó de la víspera; poeta presuntuoso, fi-

lósofo sombrío, sábio quisquilloso, mujer incomprensible, hombre de estado intrigante; periódicos patriotas, periódicos conservadores, público que paga violines, todo sirve á su propósito, nada está libre de su crítica; desgraciado el que cae bajo la mano de este Rivarol germánico y científico, porque no perdona á nadie, y, sin ser precisamente malas, sus agudezas son de las mas mortíferas.

Añádese que M. de Humboldt os corta este sayo con el tono mas paternal del mundo, la cabeza inclinada, la vista en tierra, con una imperturbable sangre fria, un ligero acento aleman que hace los chistes mas cómicos todavía, una palabra rápida, inagotable y variada que vá siempre, sin puntos ni comas, donde cada frase se encaja con la frase precedente, y cuyo todo parece movido por una máquina de vapor.

Cuando se ha oido así á M. Humboldt pasar revista á los hombres y á las cosas hay necesidad de acordarse que el ilustre y malicioso sábio es, en el fondo, del natural mas escelente que ha habido, el carácter mas desinteresado, el mas generoso y delicado; que su vida no ha sido mas que un continuo sacrificio por amor á la ciencia; que en Berlin, donde goza de toda la confianza del rey de quien es chambelan, no queriendo ser otra cosa, ha usado siempre con nobleza de su influencia en favor de las letras, de las ciencias y de las artes; en una palabra, que ha hallado el secreto de hacer mucho bien y de hacerse amar mucho burlándose de todo el mundo.

MADRID:
IMPRENTA DE D. JOSE TRUJILLO, HIJO,
calle de María Cristina, número 8.
1852.